This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Handbuch

der

Wasserbaukunst

von

G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Erster Theil:

Die Quellen.

Erster Band mit 10 Kupfertafeln.

Berlin 1869.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Brunnen, Wasserleitungen

und

Fundirungen.

Von

G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Erster Band.

Mit einem Atlas von 10 Kupfertafeln in Folio.

Berlin 1869.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Vorrede
zur dritten Auflage.

Seit dem Erscheinen der ersten Ausgabe dieses Handbuches sind die Methoden der Anordnung und Ausführung der Wasserbauwerke so vervielfältigt worden, dafs von ihrer vollständigen Zusammenstellung gegenwärtig abgesehn werden mufste. Viele derselben, die weniger wichtig erschienen, habe ich daher entweder gar nicht, oder nur mit wenig Worten berührt, auch manche Mittheilungen unterdrückt, welche die beiden ersten Ausgaben enthielten. Dagegen sind diejenigen neuern Methoden hinzugefügt, welche sich bereits bewährt haben, oder günstige Erfolge mit grofser Wahrscheinlichkeit erwarten lassen.

Aufserdem habe ich mich auf diejenigen Gegenstände beschränkt, die unbedingt zum Wasserbau gehören, und habe daher in den vielfachen Beziehungen dieser Wissenschaft zu andern, engere Grenzen gezogen. Eine Ausnahme hiervon macht nur die ausführliche Beschreibung mancher mechanischen Vorrichtungen, die der Baumeister mit Hülfe gewöhnlicher Handwerker selbst zusammenstellen kann.

Bei dieser Beschränkung des Inhaltes wurden manche der früher mitgetheilten Figuren entbehrlich, und hierdurch erklärt es sich, dafs einige Nummern derselben fehlen, während die Nummern der Tafeln geändert sind.

Von besonderer Wichtigkeit für die weitere Entwickelung der Wasserbaukunst erschien der Hinweis auf den Zusammenhang der betreffenden physikalischen Erscheinungen. Ich habe mich daher bemüht, aus den in neuerer Zeit angestellten hieher gehörigen Beobachtungen die wahrscheinlichsten Resultate herzuleiten, und dadurch zu Gesetzen und Regeln zu gelangen, die mit gröfserer Sicherheit, als bisher, auf die zu erwartenden Erfolge schliefsen lassen.

Die Anordnung des ganzen Werkes ist die frühere geblieben, doch werden übereinstimmend mit dem vor wenig Jahren erschienenen dritten Theile auch die beiden ersten durch besondere Titel als selbstständige Werke bezeichnet und in mehrere Bände zerlegt werden. Der erste, überschrieben die Quellen, zerfällt in zwei, und der zweite, die Ströme*), wie schon früher, in drei Bände. Jedem Theile wird auch ein alphabetisches Sachregister beigefügt werden.

Es mag auffallen, dafs ich in dieser neuen Ausgabe noch das Rheinländische Fufsmaafs beibehalten habe, obwohl die Einführung des Meters im nördlichen Deutschlande bereits definitiv beschlossen ist. Ich mochte indessen nicht jenes Maafs, welches durch Bessel in grös-

*) Die Worte „und Canäle“ waren ohne mein Vorwissen dem Titel des zweiten Theiles zugesetzt worden, und konnten auch aus der zweiten Ausgabe desselben nicht beseitigt werden, da diese nur wörtlicher Abdruck der ersten sein durfte.

serer Schärfe, als irgend ein andres, festgestellt ist, mit dem metrischen vertauschen, dessen Einheit gesetzlich nur durch ein gewisses Verhältnifs zu der ganz unsichern Toise von Peru bestimmt ist, und daher keineswegs die Genauigkeit besitzt, die heutiges Tages die Wissenschaft fordert. Man wird mir freilich entgegnen, dafs dieser Mangel an Schärfe bei Beschreibung von Bauwerken ohne Bedeutung sei, aber andrerseits ist das Meter bei uns noch nicht eingeführt, und da in Frankreich noch jetzt, also 75 Jahre nach der gesetzlichen Einführung des Meters, das frühere Fufsmaafs keineswegs vergessen ist, so durfte ich wohl voraussetzen, dafs so lange man dieses Lehrbuch benutzt, der Rheinländische Fufs bekannter bleiben wird, als das Meter gegenwärtig ist.

Berlin, im Mai 1869.

G. Hagen.

Vorrede
zur ersten Auflage.

Der vorliegende erste Theil des Handbuches der Wasserbaukunst enthält die Beschreibung derjenigen Anlagen, wodurch kleinere Wassermassen aufgefangen, geleitet, abgesperrt oder in ihren Wirkungen unschädlich gemacht werden; er behandelt also im Allgemeinen die Quellen. Die beiden folgenden Theile, zu denen die Materialien gröfstentheils schon gesammelt und geordnet sind, werden die Ströme und das Meer umfassen.

Die einzelnen Gegenstände sind in der Art vorgetragen, dafs zuerst der Zweck und die Wirksamkeit jeder hydrotechnischen Anlage näher erörtert und daraus die Bedingungen und Rücksichten hergeleitet werden, die man bei der Anordnung des Baues oder bei der Entwerfung des Projectes zu beobachten hat; sodann aber werden die verschiedenen Constructionsarten, soweit sie in jedem Falle angewendet sind, möglichst vollständig beschrieben.

Um die Wirkungen der Wasserbauwerke richtig zu beurtheilen, ist es nöthig, den Zusammenhang der dabei vorkommenden Erscheinungen aufzufassen. Die

Erfolge, die man herbeiführen will, und ebenso auch diejenigen, die zuweilen unerwartet eintreten, können zwar nur in den Gesetzen der Mechanik und in den physischen Eigenschaften der Körper ihre Begründung finden; man sucht aber meist vergeblich in der Mechanik und Physik die Aufklärung der Verhältnisse, die hier vorkommen. Manche Erscheinungen, die für den Wasserbau besonders wichtig sind, blieben bisher beinahe ganz unbeachtet, und bei andern hat man sich damit begnügt, gewisse algebraische Ausdrücke mit einigen wenigen Messungen ungefähr in Uebereinstimmung zu bringen. Auf solche Art sind die meisten sogenannten Theorien entstanden; allgemeine Gültigkeit kann man von ihnen eben so wenig erwarten, als sie eine solche wirklich zeigen, doch eben deshalb dürfen sie weder als unumstöfsliche Wahrheiten angesehn werden, durch deren Entdeckung jede weitere Untersuchung abgeschnitten wurde, noch auch liefern sie den Beweis, dafs eine gründliche Forschung in diesem Gebiete zu keinem sichern Resultate führt. Ihre Unhaltbarkeit ist die natürliche Folge ihrer Unvollständigkeit. Vor Allem fehlte es bisher an genauen und vielseitigen Beobachtungen, die einer umfassenden Theorie zum Grunde gelegt werden konnten; sodann aber geschah die Zusammenstellung und Benutzung der beobachteten Resultate auch gar zu willkürlich und keineswegs nach den bestimmten Methoden, welche die Mathematik auf ihrem gegenwärtigen Standpunkte für solche bezeichnet.

Die weitere Ausbildung des wissenschaftlichen Theiles der Wasserbaukunst steht mit der Praxis in sehr naher Beziehung, denn nur durch sie darf man diejenige Sicherheit in der Anordnung der Wasserbauwerke zu

erreichen hoffen, welche man so häufig vermifst und deren Mangel sich noch immer in der Unzulänglichkeit mancher Anlagen zu erkennen giebt. Die Ausfüllung dieser Lücke ist ohne eine kräftige Unterstützung von Seiten des Gouvernements gar nicht denkbar. Zunächst kommt es indessen darauf an, die Lücken bestimmt nachzuweisen und zu zeigen, ob und in welchem Falle man den Regeln und Formeln, die der Wasserbaumeister gegenwärtig benutzt, einige Gültigkeit beilegen darf; ich habe es versucht, diese Aufgabe zu lösen.

Die verschiedenen Constructionen, die man bei gleichartigen Anlagen wählen kann und an verschiedenen Orten auch wirklich zu wählen pflegt, sind zum Theil durch Localverhältnisse bedingt, zum Theil aber stehn sie sich an Zweckmäfsigkeit und Solidität auch keineswegs gleich; einzelne darunter verdienen ohne Zweifel eine allgemeinere Anwendung. Ich habe mich bemüht, sie möglichst vollständig zu sammeln, und soweit es geschehn konnte, auch die Data anzuführen, welche ein Urtheil über ihre Brauchbarkeit begründen. Indem die Einführung des Neuen und Fremden gewöhnlich Mifstrauen erregt, so wäre kaum zu erwähnen, dafs man dieses nur mit grofser Vorsicht versuchen darf. Dagegen mufs man aber auch nicht unbeachtet lassen, dafs eine Methode, die durch lange Praxis sich bereits bewährt hat, deshalb noch nicht unbedingt die beste ist, und wenn der Versuch, sie durch eine andere zu ersetzen, mifsglückt, so folgt daraus wieder noch nicht immer, dafs die neue Methode an sich unpraktisch war, denn auch durch Unvorsichtigkeit mifsräth Vieles.

Die ausführende Wasserbaukunst ist in der neueren Zeit hauptsächlich durch die vielfache Anwendung

von Maschinen sehr vervollkommnet worden. Die Prüfung und Zubereitung der Materialien, ihre Versetzung und Aufstellung, sowie auch die Untersuchung ihrer spätern Lage läfst sich zuweilen durch besondere Maschinen viel sicherer, schneller, und wenn die Operationen sich vielfach wiederholen, auch wohlfeiler bewirken, als dieses durch unmittelbare Handarbeit und durch gewöhnliche Werkzeuge möglich war. Die Maschinenlehre ist sonach ein wesentlicher Theil der Wasserbaukunst geworden, und wenn die Kenntnifs derselben im Allgemeinen auch vorausgesetzt werden mufste, so konnte die Beschreibung der hierher gehörigen Apparate doch um so weniger umgangen werden, als eine grofse Vorsicht und Ueberlegung bei ihrer Anordnung und Aufstellung unerläfsliche Bedingung ist.

Berlin, im December 1840.

G. Hagen.

Inhalts-Verzeichnifs

des ersten Bandes.

Seite

Abschnitt I.

Atmosphärischer Niederschlag und Verdunstung. . . . 1

§. 1. Entstehung des Regens 3
§. 2. Messung der Regenmenge 7
§. 3. Beobachtete Regenmengen 12
§. 4. Quantität der Verdunstung 18
§. 5. Cisternen 23

Abschnitt II.

Quellen und Brunnen. 31

§. 6. Wassermenge der Quellen 33
§. 7. Quellenbildung 41
§. 8. Brunnen mit weiten Kesseln 62
§. 9. Artesische Brunnen im Allgemeinen 75
§. 10. Artesische Brunnen: das Gestänge 95
§. 11. Artesische Brunnen: die Bohrer 105
§. 12. Artesische Brunnen: die Futterröhren 114
§. 13. Ausführung der Artesischen Brunnen 122

Abschnitt III.

Wasserleitungen. 135

§. 14. Ausflufs des Wassers durch Oeffnungen in dünnen Wänden . 137
§. 15. Ausflufs des Wassers durch Ansatzröhren 161
§. 16. Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen 167
§. 17. Speisung der Leitungen 196
§. 18. Messung des Wassers 212
§. 19. Ansammlung des Wassers 220
§. 20. Filtriren des Wassers 232
§. 21. Leitungsröhren von Holz, Stein, Blei und Asphalt 257
§. 22. Gufseiserne Leitungsröhren 277
§. 23. Versorgung grofser Städte mit Wasser 302

Seite

Abschnitt IV.

Entwässerungen und Bewässerungen. 323

§. 24. Vorarbeiten 325
§. 25. Beförderung der Vorfluth 335
§. 26. Entfernung des fremden Wassers 339
§. 27. Abzugsgräben 349
§. 28. Colmationen 355
§. 29. Sickergräben 362
§. 30. Bewässerungsanlagen 369

Nachträglicher Zusatz zu §. 8. 381

Erster Abschnitt.

Atmosphärischer Niederschlag und Verdunstung.

§. 1.

Entstehung des Regens.

Verschiedene hydrotechnische Anlagen haben allein den Zweck, dasjenige Wasser zu sammeln oder abzuleiten, welches als Regen und Schnee auf die Erdoberfläche herabfällt. Schon aus diesem Grunde wird die Erwähnung einiger Beobachtungen über die Menge des atmosphärischen Niederschlages nicht überflüssig erscheinen, der Gegenstand gewinnt aber für den Wasserbaumeister noch an Wichtigkeit, insofern das Wasser, welches als Regen oder in andern Formen aus der Luft herabfällt, die alleinige Veranlassung zum Entstehn der meisten Quellen ist, und die Bäche, Flüsse und Ströme ihren Ursprung und ihre Speisung demselben verdanken.

Die Bäche und Flüsse nehmen jedoch nicht die ganze Wassermenge des atmosphärischen Niederschlages auf, da ein grofser Theil desselben schon durch Verdunstung vom Erdboden verschwindet. Ist das Maafs der letzteren, wie auch das des Niederschlages auf einer gegebenen Fläche bekannt, so kann man aus der Gröfse des Flufsgebietes, das heifst aus der Ausdehnung der Fläche, die dem Flusse das Wasser liefert, auf seine Reichhaltigkeit schliefsen. Es zeigt sich freilich, dafs theils die Beobachtungen über die Menge des Niederschlages sehr abweichende Resultate geben, und theils auch die Beschaffenheit des Bodens einen grofsen Einflufs auf die Bildung der Quellen ausübt, wenn aber keine directe Messung der Wassermenge eines Flusses möglich ist, so gewährt diese Methode doch wenigstens einigen Anhalt, und namentlich wird man sie benutzen müssen, wenn es darauf ankommt, die Verhältnisse unter gewissen Umständen zu beurtheilen, zu deren directer Beobachtung die passende Gelegenheit nicht abgewartet werden kann.

Die Ursache der Circulation des Wassers, wodurch dasselbe von sumpfigen Niederungen, von den Seen und selbst von dem Ocean zurück auf die höchsten Gebirge geführt, und über die ganze Oberfläche der Erde verbreitet wird, beruht in der Eigenschaft der Luft, eine gewisse Quantität Wasserdunst in sich aufzunehmen, die sie unter veränderten Umständen wieder ausstöfst. Je weniger Wassertheilchen die Luft enthält, um so begieriger saugt sie das Wasser auf, und um so stärker verdunstet daher eine von ihr berührte Wasserfläche. In dem Maafse, wie sich aber der Wasserdunst in der Luft anhäuft, vermindert sich auch ihre Fähigkeit, noch mehr Wassertheilchen aufzunehmen, und es tritt endlich eine vollständige Sättigung ein. Dieser Sättigungspunkt ist jedoch nicht constant, sondern von der Temperatur abhängig. Je wärmer die Luft ist, desto mehr Wasser kann sie aufnehmen.

Unter Voraussetzung der von Regnault ermittelten Spannungen des Wasserdampfes können in 1 Rheinländischem Cubikfufs atmosphärischer Luft unter dem mittleren Drucke von 29 Zoll Rheinl. bei verschiedenen Temperaturen die in der zweiten Spalte der nachstehenden Tabelle angegebene Anzahl Gran Wasser aufgenommen werden. Die dritte Spalte bezeichnet dagegen den Wassergehalt einer gleichfalls gesättigten Luftmasse, welche in der Temperatur des Gefrierpunktes 1 Cubikfufs mifst.

Temperatur nach Réaumur	Wassergehalt in Gran	
	in 1 Cubikfufs	in constanter Luftmasse
— 8°	1,76	1,69
— 4°	2,07	1,90
0°	2,48	2,48
+ 4°	2,98	3,04
+ 8°	3,62	3,76
+ 12°	4,42	4,67
+ 16°	5,41	5,81
+ 20°	6,63	7,25
+ 24°	8,11	9,02

Wird sonach eine mit Wasserdunst gesättigte Luftmasse erwärmt, so erhält sie von Neuem das Vermögen, noch mehr Wasser in sich aufzunehmen, wird sie dagegen abgekühlt, so stöfst sie einen Theil

des Wassers von sich, das sie bisher gebunden hatte. Letzteres scheidet alsdann als sichtbarer und feuchter Nebel oder als Wolke aus der bisher ganz durchsichtigen Luft aus, und indem die feinen Wassertheilchen sich nach und nach zu Tropfen verbinden, so fallen sie als Regen nieder.

Die vorstehende Tabelle zeigt noch, dafs bei gleichen Temperaturveränderungen der Sättigungspunkt sich nicht gleichmäfsig verändert, sondern dafs bei höherer Temperatur eine gewisse Aenderung derselben, wie etwa um 4 Grade, die Luft zur Aufnahme einer gröfseren Wassermenge fähig macht, als bei einer niedrigeren Temperatur. Hieraus folgt zunächst, dafs im Allgemeinen die atmosphärischen Niederschläge in heifsen Zonen reichhaltiger sein müssen, als in kalten. Es ergiebt sich daraus aber ferner, dafs zur Bildung dieser Niederschläge keine fremdartige Veranlassung zur Abkühlung der Luft erforderlich ist, sondern dafs zwei mit Wasserdunst gesättigte Luftmassen von verschiedener Temperatur bei ihrer Verbindung jedesmal einen Theil des enthaltenen Wassers ausstofsen, indem die mittlere Temperatur nicht mehr der mittleren Wassermenge entspricht, sondern immer einer kleinern, woher ein Theil derselben frei wird. Dem letzten Umstande scheinen die atmosphärischen Niederschläge vorzugsweise ihre Entstehung zu verdanken, und es darf nicht befremden, dafs dieselben so ungleichmäfsig über die Erdoberfläche vertheilt sind. Sobald warme, mit Wasserdunst gesättigte Luft sich abkühlt, so bildet sich der Regen, wenn dagegen die warme Luft nur wenig Wasser enthält und über eine stark erhitzte öde Fläche streicht, so erwärmt sie sich noch mehr und wird dadurch in den Stand gesetzt noch gröfsere Wassermassen in sich aufzunehmen. Begegnet sie alsdann einer kalten und sogar mit Wasser gesättigten Luftmasse, so kühlt sie sich zwar ab, aber das in der letzteren enthaltene Wasser wird nicht niedergeschlagen. So geschieht es, dafs die Trockenheit des Bodens, wie etwa auf ausgedehnten Sandflächen, die Bildung des Regens verhindert.

Man hat vielfach die Vermuthung ausgesprochen, dafs die Vegetation einen merkbaren Einfluſs auf die Niederschläge ausübt, und letztere geringer werden, sobald ausgedehnte Waldungen verschwinden. Einzelne Thatsachen bestätigen allerdings diese Auffassung, doch zeigen andere wieder das Gegentheil, und es scheint daher, dafs die Luftströmungen, die theils von allgemeinen physischen Ge-

setzen, theils auch von der Gestaltung des Landes im Ganzen bedingt werden, vorzugsweise die ungleichmäfsige Vertheilung des Regens veranlassen.

Dafs die Flüsse und Ströme bei zunehmender Boden-Cultur ihren Charakter auffallend verändern und während der Dürre viel weniger, nach starkem Regen aber und beim Schmelzen des Schnees viel mehr Wasser abführen, als in früherer Zeit, ist freilich nicht zu bezweifeln, doch rührt dieses davon her, dafs bei zunehmender Cultur der schnellere Abfluſs des Wassers durch Gräben und Drainirung künstlich befördert wird. Nach den Briefen des Kaisers Julian veränderte sich der Wasserstand der Seine innerhalb Paris im vierten Jahrhundert nicht bedeutend, und ihr Wasser blieb immer klar, woher es als gutes Trinkwasser galt. Jetzt dagegen erhebt sich der Strom zur Zeit der Anschwellungen bis 30 Fufs über seinen niedrigsten Stand, und das Wasser ist stets so trübe, dafs es gar nicht mehr als Trinkwasser benutzt wird. *)

In einem heifsen Klima und auf weit ausgedehnten kahlen Flächen kann die Verdunstung im Verhältnisse zum Niederschlage so zunehmen, dafs Wassermassen, die sich schon zu Strömen angesammelt hatten, beim Eintritt in grofse Niederungen oder in weite Landseen vollständig verschwinden. Die Seen dieser Art können also nicht überfliefsen, oder sie haben keinen Abfluſs nach dem Ocean. In unserm Klima ist das Eintreten ähnlicher Verhältnisse undenkbar, wenigstens können sie sich nur im kleinen Maafsstabe zeigen.

Die verschiedenartigen Formen, in denen der atmosphärische Niederschlag sich zeigt, sind vorzugsweise Regen, Schnee und Hagel, und auf diese bezieht sich das vorstehend Gesagte. Der Thau, der bei niedriger Temperatur sich als Reif darstellt, gehört freilich auch hierher, doch ist er von jenen in sofern verschieden, als sein Eintreten und seine Reichhaltigkeit von der Oberfläche der Körper abhängt, an denen er sich zeigt. Wenn letztere in klaren Nächten die Wärme stark ausstrahlen, und sonach schnell erkalten, so kühlen sie auch die zunächst umliegende Luftschicht ab, und indem dadurch wieder Wassertheilchen frei werden, sammeln sich diese als Thautröpfchen, oder bei stärkerer Abkühlung bilden sie die feinen

*) Dausse, *de la pluie et de l'influence des forêts sur les cours d'eau. Annales des ponts et chaussées.* 1842. *II. pag.* 184.

Eiskrystalle, die man Reif nennt. Auf diese Bildung hat die Vegetation einen wesentlichen Einfluſs. Auf kahlem Boden bemerkt man keinen Thau, und eben so wenig in dichten Waldungen, wohl aber auf Wiesenflächen. Unter diesen Umständen bietet die Messung der jährlich niederschlagenden Thaumenge groſse Schwierigkeiten. Dalton schätzte ihre Höhe für England (wahrscheinlich viel zu hoch) auf 5 Zoll, zu Viviers wurde dagegen diese Höhe nur zu 2,9 Linien beobachtet. Für den vorliegenden Zweck ist der Umstand besonders wichtig, daſs der gröſste Theil des Thaues wieder durch Verdunstung entschwindet und nur selten ein Tropfen auf den Boden gelangt. Es darf daher diese Form des Niederschlages hier ganz unbeachtet bleiben.

§. 2.
Messung der Regenmenge.

Zur Bestimmung der Wassermenge, die als Regen niederfällt, dient der Regenmesser, auch Ombrometer oder Udometer genannt. Mit demselben kann auch der Hagel gemessen werden, wenn er geschmolzen ist. Der Schnee bietet dagegen einige Schwierigkeit, indem er bei seiner groſsen Beweglichkeit sich so verschiedenartig ablagert, daſs im Ombrometer leicht eine verhältniſsmäſsig zu geringe Quantität aufgefangen wird. Man miſst aber nicht unmittelbar sein Volum, sondern das des Wassers, nachdem er geschmolzen ist. Seine Dichtigkeit oder sein specifisches Gewicht ist nämlich sehr verschieden und variirt zwischen 0,04 und 0,50.

Der gewöhnliche Regenmesser (Taf. I. Fig. 1) besteht aus einem Kasten von 1 bis 4 Quadratfuſs Oberfläche, der mit einer niedrigen Seitenwand versehn und oben offen ist. Der Boden ist geneigt und über denselben flieſst das Wasser nach einer Röhre, die es in ein darunter gestelltes Gefäſs führt. Die Wassermenge wird entweder durch unmittelbares Ausmessen oder durch Abwiegen bestimmt. Auf diese Art erfährt man, wie viel Cubikzoll Wasser in den Kasten gefallen sind. Dividirt man diese Zahl durch die Oberfläche des Kastens, in Quadratzollen ausgedrückt, so ergiebt sich, wie hoch das beim Regen herabgefallene Wasser den Erdboden be-

decken würde, wenn derselbe horizontal, und zum Einsaugen des Wassers nicht fähig wäre. Diese Höhe ist das gewöhnliche Maafs des Regens.

Damit die Beobachtungen dieser Art hinreichend genau ausfallen, mufs zunächst für die waagrechte Aufstellung des Kastens, und zwar des obern Randes desselben gesorgt werden, weil sonst beim schrägen Herabfallen der Tropfen zu viel oder zu wenig Wasser aufgefangen würde. Ferner haftet nach dem Regen noch ein Theil des Wassers an den Wänden und auf dem Boden des Kastens, ohne in das Gefäfs zu fliefsen. Bei schwachem Regen kann es sogar geschehn, dafs die ganze Masse hier hängen bleibt, und durch die bald darauf erfolgende Verdunstung sich der Beobachtung entzieht. Durch Auswischen mit einem Schwamme, der vorher gewogen ist, kann man auch diese Wassermasse auffangen und bestimmen. Endlich bietet das untergestellte Gefäfs, wenn es eine passende Form hat, zwar nur eine geringe Wasseroberfläche dar, und die Verdunstung in demselben ist alsdann nicht bedeutend, nichts desto weniger kann letztere sehr grofs werden, wenn die Nachmessung erst nach längerer Zeit vorgenommen wird. Um diesem Mangel zu begegnen, hat man den Gebrauch von Apparaten vorgeschlagen, worin das einfliefsende Wasser ein Kippwerk in Bewegung setzt, und sich dadurch selbst registrirt, in ähnlicher Art, wie auf den Salinen die gehobene Soole gewöhnlich gemessen wird. Dafs durch dieses Mittel die Genauigkeit der Beobachtung verliert, bedarf kaum der Erwähnung, nichts desto weniger mag die Beschreibung einer Vorrichtung dieser Art dennoch hier mitgetheilt werden, weil dieselbe auch in andern Fällen, wie z. B. bei Wasserleitungen zuweilen Anwendung findet.

In Fig. 2 sind A und B zwei gleich grofse Kasten, deren jeder etwa 10 Cubikfufs faſst. Die Soole fliefst aus der Röhre L durch den Trichter R in einen oder den andern dieser Kasten, je nachdem der Trichter die in der Figur angedeutete Lage, oder die entgegengesetzte einnimmt. Dieser Trichter ist nämlich am Balancier CD befestigt und dreht sich mit demselben um die horizontale Achse K. Damit der Balancier nicht schwankt und jedesmal seine Stellung behält, wobei das Wasser über die Mittelwand fort nach der einen oder der andern Seite abfliefst, so liegt in jedem Arme des Balanciers eine eiserne Kugel E, C, von denen die äufsere, also in der Figur

die Kugel *C*, ein entschiedenes Uebergewicht bildet. Sobald der Kasten *A* beinahe bis zum Rande angefüllt ist, fängt das Wasser an, durch eine Seitenrinne in den kleinen Eimer *N* überzufliefsen, und füllt denselben sehr schnell an, obgleich er im Boden mit einer engen Oeffnung versehn ist. Dieser Eimer hängt am Ende des Balanciers, und wenn er beinahe gefüllt ist, so hebt er das Uebergewicht der Kugel *C* auf und verursacht dadurch die Drehung des Balanciers. Letzterer bewegt sich Anfangs langsam, aber sobald er die horizontale Lage überschreitet, so fangen auch die Kugeln *C* und *E* zu rollen an, und indem die letzte nach *D* gelangt, so stöfst der Balancier auf die Seitenwand des Kastens *A* auf, und nimmt diese Stellung mit Sicherheit ein, wodurch das Wasser nunmehr in den Kasten *B* geleitet und der leere Eimer *M* gehoben wird. Bei der Bewegung des Balanciers wird mittelst einer über die Rolle geführten Leine die Klappe *P* am Boden des Kastens *A* gehoben, und die darin befindliche Wassermasse fliefst aus. Auch der Eimer *N* entleert sich durch die in seinem Boden angebrachte kleine Oeffnung. Auf solche Art füllt sich abwechselnd der eine und der andere Kasten, und die beiden Sperrhaken, die vom Balancier nach dem Rade *Q* hinaufgehen, von denen der eine zieht und der andere schiebt, rücken bei jedem einzelnen Stofse des Balancier das Rad um einen Zahn und zwar immer in derselben Richtung weiter, woher der an der Achse befestigte Zeiger die Anzahl der vorgekommenen Abwechselungen bezeichnet. Durch Verstellung der Abflufsrinnen, welche das Wasser aus dem Kasten in die Eimer leiten, und durch andere Veränderungen, kann man leicht bewirken, dafs die gesammte Wassermasse, die jedesmal in einen Kasten fliefst, ein bestimmtes Volumen einnimmt.

Zur Messung der Regenmenge wendet man nicht leicht einen so complicirten Apparat an, vielmehr begnügt man sich für diesen Zweck mit einem kleinen Kipptroge Fig. 3, bei dem das Wasser jedesmal in das obere Reservoir fliefst, welches durch die Füllung selbst das Uebergewicht bildet, und dadurch die veränderte Stellung hervorbringt. Um die Anzahl der erfolgten Stöfse zu markiren, darf aber auch hier die Anbringung eines Räderwerks nicht fehlen. Es mufs dabei noch bemerkt werden, dafs Fig. 3, um die Aufstellung des Kipptroges zu verdeutlichen, zwar mit Fig. 1 in Verbindung gesetzt, jedoch in einem viel gröfseren Maafsstabe gezeichnet ist.

Auch andere selbst registrirende Apparate werden zuweilen benutzt. Auf unsern meteorologischen Stationen macht man aber keinen Gebrauch von denselben, vielmehr wird das aufgefangene Wasser in einer graduirten Glasröhre gemessen. Die hier benutzten Regenmesser sind in der obern Oeffnung 12 Pariser Zoll lang und breit. Die umgebenden Wände sind einige Zolle hoch senkrecht, alsdann aber unter 45 Grad gegen den Horizont geneigt. Aus diesem pyramidalen Körper tritt das Wasser durch eine ziemlich kleine Oeffnung in einen kupfernen Cylinder, der etwa einen halben Cubikfuſs faſst, und dessen Boden durch eine Kegelfläche in eine Röhre übergeht. Letztere ist durch einen Hahn geschlossen, und durch diesen kann man das Wasser in eine Glasröhre flieſsen lassen und messen. Die Theilung der letzteren ist in der Art gewählt, daſs man ohne weitere Reduction sogleich die Höhe des Niederschlages in Zehntheilen des Pariser Zolles abliest. Da der kupferne Cylinder bis auf die kleine Zufluſs-Oeffnung ganz geschlossen ist, so findet darin auch kein starker Luftwechsel statt, und sonach vermindert sich auch nicht merklich das darin befindliche Wasser durch Verdunstung.

Zum Auffangen des Schnees bedient man sich eines andern Gefäſses, welches sich unter der Oeffnung bis zum Querschnitte von 18 Zoll Seite erweitert, in seiner obern Oeffnung aber wieder nur 1 Pariser Quadratfuſs miſst. Bei dieser Form lagert sich der Schnee sicherer ab, und ist weniger der Gefahr ausgesetzt, vom Winde fortgeführt zu werden.

Beim Gebrauche des Regenmessers zeigt sich noch eine bedeutende Unsicherheit, insofern die Höhe, in welcher er aufgestellt ist, einen auffallenden Einfluſs auf das Resultat ausübt, und zwar findet man die Regenmenge um so kleiner, je gröſser diese Höhe ist. Dalton bemerkte schon, daſs auf einem 150 Fuſs hohen Thurme die Regenmenge im Sommer um ein Drittel und im Winter sogar um die Hälfte geringer war, als die, welche unten gemessen wurde. Eben so groſse Unterschiede hat man auch in York wahrgenommen, woselbst auf Veranlassung der *British Association* drei Regenmesser beobachtet wurden. Der erste stand auf einem ausgedehnten niedrigen Grasplatze im Garten des Museums, der zweite auf dem Dache des Gebäudes 43 Fuſs 8 Zoll über dem ersten, und der dritte auf einer Rüstung über den Zinnen des Thurmes 212 Fuſs 10 Zoll

dem ersten Apparate. In den drei Jahren von 1832 bis 1835 g die Gesammthöhe des Niederschlages in dem ersten Regener 65,43 in dem zweiten 52,17 und in dem dritten 38,97 Zoll. *) Aehnliche Resultate haben auch die von 1818 bis 1837 auf der asse und auf dem Hofe der Pariser Sternwarte angestellten achtungen ergeben **). Der Höhenunterschied beider Stationen igt 89 Rheinl. Fufs, und die Niederschläge mafsen durchschnittin Rheinl. Zollen

	in 1 Jahr	im Januar	im August
dem Hofe	21,88	1,45	1,81
der Terrasse . . .	19,18	1,22	1,68
erschied	2,70	0,23	0,13.

Um diesen Einfluſs der Höhenlage möglichst zu beseitigen, werdie Regenmesser auf unsern Stationen 8 Fufs über den Erdbogestellt. Dieses Maafs ist mit Rücksicht auf die Bequemlichkeit m Auffangen des Wassers gewählt worden.

Fragt man nach der Ursache dieser auffallenden Erscheinung, deuten die einzelnen Messungen schon den grofsen Einfluſs des indes an. Die Unterschiede sind jedesmal um so gröſser, je hefer der Wind während des Regens ist, doch bleiben sie auch bei higer Luft noch merklich. Die Ablenkung der Tropfen von der threchten Richtung, die offenbar wegen des heftigern Windes in r gröſseren Höhe auch bedeutender ist, kann natürlich das Phäomen nicht veranlassen, indem der horizontale Abstand der Tropfen rch die schräge Richtung ihrer Bewegung nicht verändert wird. agegen ist hierbei gewifs der Umstand von grofser Wichtigkeit, afs die Luft nicht mit aufgefangen wird. Indem sie dem Regenesser ausweicht, so reifst sie eine Masse Wasser mit sich, und hrt dieses seitwärts vorbei. Diese Wirkung kann auch in dem alle nicht ganz verschwinden, wenn der Wind aufhört, oder wenn ie Bewegung der Luft für das Gefühl unmerklich wird, denn die inen Wassertheilchen, die nicht sichtbar herabfallen, sondern noch chwebend sich langsam senken, weichen wieder dem Regenmesser us, und selbst wenn der Luftstrom ganz aufhören sollte, so könen sie nicht so vollständig von dem Regenmesser aufgenommen

*) *Transactions of the association for the year* 1835.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1842. *I. pag.* 187.

werden, als sie über dem Erdboden sich ansammeln, und hier ungestört niedersinken.

Hierzu kommt noch eine andere Ursache. Bei der Abkühlung durch den Regen werden nämlich die von der Luft eingesogenen Wassertheilchen bis zum Sättigungs-Punkte frei, und bilden einen feinen Nebel, der vielleicht nicht sichtbar ist, aber an den hindurchfallenden Tropfen haftet und dieselben vergrößert. Die Wirkung wird um so bedeutender, als die in der Luft schwebende Wassermasse das spezifische Gewicht der Luft vergrößert, also der Wassergehalt in der Nähe des Erbodens am größten ist.

Die vorstehend erwähnte Erscheinung bezieht sich allein auf den Fall, daß die verschiedenen Beobachtungen nahe in derselben Vertikale angestellt werden. Liegen die Beobachtungsorte dagegen meilenweit von einander entfernt, so ist die Regenmenge von andern Umständen abhängig. Nach einer Zusammenstellung*) einiger in England angestellten Messungen scheint die Regenmenge mit der Erhebung des Bodens zuzunehmen und etwa in der Höhe von 2000 Fuß über der See das Maximum zu erreichen, während sie in noch größerer Höhe wieder merklich geringer wird, was vielleicht davon herrührt, daß ein Theil der Wolken sich nicht so hoch erhebt.

§. 3.

Beobachtete Regenmengen.

Was die Resultate der vorstehend beschriebenen Messungen betrifft, so ergiebt sich schon aus dem Gesagten, daß die Regenmenge durch verschiedene locale Verhältnisse bedingt wird, und daher nicht überall dieselbe ist. Außerdem zeigen sich auch zwischen den an einem und demselben Orte angestellten Beobachtungen so große Differenzen, daß die in einem Jahre gefundene Regenmenge oft nur die Hälfte, zuweilen sogar nur den dritten Theil von der beträgt, die in einem andern Jahre eben daselbst gemessen wurde. Man kann daher nur aus lange fortgesetzten Beobachtungsreihen die durchschnittliche Menge des jährlichen Niederschlages eines Ortes ermit-

*) *The Civil-Engineer and Architect's Journal.* 1854. *pag.* 218.

:h muſs man bei Vergleichung verschiedener Orte möglichst
ı Jahrgänge zum Grunde legen. Seitdem im Jahre 1848
eorologischen Stationen in Preuſsen und den angrenzenden
, unter Dove's Leitung eingerichtet sind, ist in dieser Be-
bereits ein sehr schätzbares Material gesammelt worden,
ı die nachstehenden Mittheilungen entnommen sind. *)
: folgende erste Tabelle giebt die Höhe der jährlichen Nie-
ge, in Rheinländischen Zollen ausgedrückt, für die 20 Jahre
8 bis 1867 an, wie solche in Tilsit, Königsberg, Stettin, Bres-
ankfurt a. O., Berlin, Erfurt und Cöln gemessen wurden.

Tilsit	Königs-berg	Stettin	Breslau	Frank-furt a. O.	Berlin	Erfurt	Cöln
17,8	24,1	18,8	18,0	20,4	23,0	24,1	28,7
30,0	26,5	15,2	19,8	14,7	16,5	20,0	23,1
27,6	28,9	19,9	23,4	23,3	23,8	21,5	23,9
25,8	31,1	23,1	21,3	22,8	23,9	23,4	29,2
30,4	22,7	18,8	14,4	22,6	24,0	20,2	27,2
31,4	25,5	20,8	25,6	20,3	23,1	19,7	24,1
23,5	27,4	19,9	34,2	26,2	24,0	20,8	27,5
25,7	23,1	20,6	23,8	21,2	23,1	19,7	21,3
19,1	24,7	22,5	16,7	24,2	18,0	18,9	15,3
15,2	14,3	11,4	16,0	12,7	13,5	14,7	12,7
17,4	12,7	14,4	22,7	20,3	16,8	19,3	21,3
20,5	17,3	16,0	23,9	21,5	20,8	17,0	24,4
23,5	21,2	16,4	23,8	21,8	25,0	22,7	35,1
29,9	24,7	20,5	22,8	19,7	26,0	16,8	16,8
24,2	18,4	21,3	19,9	18,5	18,5	25,0	25,6
26,2	22,1	17,3	20,1	15,2	21,1	21,2	19,2
24,9	26,7	17,2	17,0	18,4	20,8	17,4	16,0
21,3	18,4	15,2	20,3	17,8	19,6	16,1	15,4
37,0	23,4	21,4	21,2	20,5	—	17,4	22,5
40,4	32,0	23,5	24,4	22,5	24,7	20,9	19,8
25,6	23,3	18,7	21,5	20,2	21,4	19,8	22,5

ıter diesen Jahrgängen zeichnet sich 1857 durch besonders
, wie 1867 durch besonders starke Niederschläge aus. Im

)ie letzte Publication ist im Jahre 1864 erfolgt in dem VI. Hefte
ılsischen Statistik, betitelt Witterungs-Erscheinungen des nördlichen
ınds von H. W. Dove.

August 1866 ist aber die Beobachtung der Regenhöhe in Berlin terblieben.

Die folgende Tabelle enthält die an einigen andern Statio in Nord-Deutschland beobachteten mittleren Regenmengen, gle falls in Rheinländischen Zollen ausgedrückt, worin zugleich in zweiten Spalte die Anzahl der Jahre angegeben ist, aus denen Mittel genommen worden. Die letzten Jahrgänge von 1864 konnten dabei jedoch nicht berücksichtigt werden.

Beobachtungs-Orte	Jahre	Zolle	Beobachtungs-Orte	Jahre	Z
Arys	16	19,2	Mühlhausen	12	1
Danzig	8	19,8	Salzwedel	15	2
Conitz	10	18,0	Heiligenstadt	15	2
Posen	13	19,0	Wernigerode	5	2
Cöslin	15	22,9	Brocken	4	4
Putbus	10	20,1	Clausthal	9	5
Wustrow	11	13,7	Lüneburg	10	2
Rostock	10	15,5	Jever	7	2
Schwerin	10	21,6	Emden	11	2
Lübeck	10	20,0	Münster	11	2
Kiel	13	24,3	Paderborn	12	2
Ratibor	15	22,2	Gütersloh	15	2
Görlitz	16	25,9	Cleve	15	2
Landskrone	7	24,5	Crefeld	16	2
Potsdam	15	20,7	Boppard	16	2
Torgau	16	22,5	Kreuznach	13	1
Dresden	10	22,2	Trier	14	2
Freiberg	14	24,6	Gieſsen	11	2
Halle	13	19,2	Frankfurt a. M.	9	2
Gotha	12	23,5			

Es mögen hier noch einige Beobachtungen an verschied Orten im südlichen Deutschlande, wie auch in andern Ländern Erdtheilen hinzugefügt werden, die sich groſsentheils auf frü Messungen beziehen.

Beobachtungs-Orte	Zolle	Beobachtungs-Orte	Z
Mannheim	21	Würzburg	1
Carlsruhe	25	Ulm	2
Stuttgart	27	Augsburg	3
Tübingen	24	Tegernsee	4

ıehtungs-Orte	Zolle	Beobachtungs-Orte	Zolle
ırg	21	Oise in den Ardennen .	25
. . . . .	15	Pontoise an d. Mündung	
. . . . .	16	der Oise und d. Seine	16
. . . . .	16	la Rochelle	25
. . . . .	33	Poitiers	22
. . . . .	32	Mühlhausen im Elsafs .	30
. . . . .	43	Strasburg	26
. . . . .	38	Metz	27
. . . . .	30	Cambray	17
ıard	59	Brüssel	17,9
. . . . .	25	Middelburg	25
. . . . .	35	Breda	25
. . . . .	29	Dortrecht	39
. . . . .	35	Rotterdam	21
. . . . .	35	Utrecht	23
. . . . .	30	Haag	26
. . . . .	32	Amsterdam	24
. . . . .	29	Dover	42
. . . . .	29	London	22
. . . . .	21	Bristol	21
. . . . .	25	Liverpool	31
. . . . .	24	Manchester	32
·eneen)	39	Lancaster	36
. . . . .	24	Kendal	49
ıer	30	Glasgow	20
. . . . .	21	Edinburg	22
. . . . .	36	Carrickfergus in Irland .	38
. . . . .	18	Copenhagen	17
. . . . .	24	Lund	18
im Dépertement		Bergen	83
ıe)	48	Upsala	17
ebeudaselbst) . .	58	Stockholm	19
ebendaselbst an		Abo	24
ıelle der Yonne)	60	Petersburg	17
ler Yonne nimmt		Bombay	73
genmenge ab, so		Rio Janeiro	56
n Einflufs in die		Guadeloupe	122
. . . . .	20	Havannah	86
er Seine	32	Charlestown	55
al in der Cham-		New-Orleans	51
. . . . .	16	Philadelphia	44
. . . . .	20,1	Cincinnati	47
der Seine bei		Buffalo	39
ille	30		

Die grofsen Unterschiede, welche die vorstehende Tabelle nachweist, erklären sich zum Theil durch die localen Verhältnisse der Beobachtungs-Orte, die ein Begegnen verschiedener Luftströme mehr oder weniger begünstigen. Die meteorologischen Schriften von Kämtz, Schübler, Dove und Andern enthalten hierüber das Nähere. Hier dürfte nur noch darauf aufmerksam zu machen sein, dafs auf den höchsten Gebirgen, welche die Schneegrenze übersteigen, die Regenmenge wahrscheinlich noch bedeutender ist, insofern die vorüberstreichenden Luftmassen in ihrer Nähe sich viel stärker abkühlen und daher das darin enthaltene Wasser sich vollständiger ausscheidet. Die aus den Gletschern vortretenden Bäche bestätigen auch diese Vermuthung.

Die vorstehend nachgewiesenen Regenmengen sind keineswegs in dem ganzen Jahre gleichmäfsig vertheilt, vielmehr trifft im nördlichen Deutschlande, sowie auch meist in Frankreich der überwiegend gröfste Theil auf die Sommermonate. In folgender Zusammenstellung sind die auf jeden Monat treffenden Niederschläge für die bereits oben gewählten 8 Beobachtungs-Orte nach den 6 Jahrgängen von 1858 bis 1863 in Theilen des ganzen jährlichen Niederschlages angegeben.

	Tilsit	Königsberg	Stettin	Breslau	Frankfurt a. O.	Berlin	Erfurt	Cöln
Januar	0,051	0,066	0,053	0,051	0,056	0,065	0,040	0,070
Februar	0,056	0,061	0,061	0,058	0,063	0,064	0,051	0,062
März	0,047	0,053	0,050	0,047	0,060	0,058	0,054	0,066
April	0,064	0,042	0,077	0,052	0,074	0,077	0,097	0,082
Mai	0,070	0,066	0,092	0,082	0,106	0,095	0,113	0,093
Juni	0,123	0,103	0,121	0,104	0,117	0,125	0,120	0,101
Juli	0,128	0,100	0,126	0,165	0,149	0,143	0,162	0,107
August	0,121	0,126	0,141	0,185	0,112	0,100	0,099	0,113
September	0,094	0,126	0,073	0,097	0,066	0,062	0,076	0,078
October	0,093	0,100	0,073	0,048	0,060	0,067	0,081	0,080
November	0,084	0,088	0,073	0,053	0,075	0,070	0,062	0,069
December	0,069	0,069	0,060	0,058	0,062	0,074	0,045	0,079

Die mittleren relativen Werthe, sowie auch die auf jeden Monat treffenden absoluten Werthe, wenn die jährliche Regenmenge gleich 22 Zoll gesetzt wird, enthält die folgende Tabelle, darin sind aber noch die 5jährigen Beobachtungen von Niévre und zwar von den Jahren 1844 bis 1848, sowie auch die Beobachtungen von Algier

Ojährigen Messungen aufgenommen, und namentlich zeigen
rten eine wesentlich andere Vertheilung, als in unserm Clima.

	Nördl. Deutschland		Nièvre		Algier	
	relat. Höhe	absol. Höhe Zolle	relat. Höhe	absol. Höhe Zolle	relat. Höhe	absol. Höhe Zolle
r	0,056	1,23	0,077	4,47	0,135	4,89
ar	0,060	1,32	0,089	5,15	0,157	5,67
	0,055	1,21	0,086	5,00	0,084	3,02
	0,071	1,56	0,118	6,85	0,093	3,38
	0,089	1,96	0,053	3,12	0,047	1,68
	0,114	2,51	0,073	4,24	0,008	0,28
	0,135	2,97	0,061	3,53	0,000	0,006
st	0,125	2,75	0,087	5,05	0,008	0,29
mber	0,084	1,85	0,063	3,69	0,035	1,27
er	0,075	1,65	0,114	6,63	0,083	2,99
mber	0,072	1,58	0,087	5,05	0,164	5,92
mber	0,064	1,41	0,092	5,35	0,186	6,71
	1,000	22,00	1,000	58,13	1,000	36,11

n Algier hört sonach in den Monaten Juni, Juli und August, namentlich im Juli der Regen beinahe ganz auf, woher die äfsige und den Culturen so nachtheilige Dürre in den Sommonaten sich erklärt, während die Niederschläge des ganzen s reichlicher sind, als sie im nördlichen Deutschlande vorzuen pflegen.

n den heifsen Zonen ist im Allgemeinen die Vertheilung des s viel ungleichmäfsiger, als in den gemäfsigten. So fällt in nnah mehr als der vierte Theil des ganzen jährlichen Niederges während des Monats Juni herab, und nach den in Bombay tellten vieljährigen Beobachtungen regnet es daselbst während 1 Monaten, nämlich vom November bis Mai, gar nicht, und ehr grofse Regenmenge stürzt nur vom Juni bis September

Für den Wasserbau ist noch die Frage von grofser Wichtig- welche Wassermenge während eines und weniger auf einander den Tage herabfällt. Diese Wassermenge ist im nördlichen chland jedenfalls viel unbedeutender, als in den wärmeren Ge-

genden. So beobachtete man im Februar 1820 in Cayenne in 10 Stunden eine Regenmenge von 10½ Zoll, und in 24 Tagen fielen 123 Zoll. Doch zeigen sich in Europa auch ähnliche Fälle. Am 9. October 1827 betrug der Niederschlag zu Joyeuse (Dep. de l'Ardêche) in 22 Stunden 29 Zoll 3 Linien. Am 25. October 1822 fielen zu Genua 30 Zoll und selbst im südwestlichen Deutschlande schlugen am 28. und 29. October 1820 in 36 Stunden 5½ und 7½ Zoll Regen nieder. Die in Berlin angestellten Beobachtungen zeigen, dafs fast in jedem Jahre an einzelnen Tagen bis 1 Zoll Regen, und zuweilen sogar bis 1,4 Zoll beobachtet ist. Die früheren Königsberger Beobachtungen (mitgetheilt in den Beiträgen zur Kunde Preufsens) geben zuweilen den täglichen Niederschlag auf mehr als 1½ und am 11. August 1818 sogar zu 1⅞ Zoll an.

§. 4.

Quantität der Verdunstung.

Wenn die Messung des Niederschlages schon in mancher Beziehung unsicher ist, so ist die der Verdunstung dieses noch in höherem Grade. Jenachdem das Gefäfs, worin man die Verdunstung beobachtet, der Sonne und dem Winde ausgesetzt, oder so gestellt wird, dafs es beiden entzogen bleibt, sind die Resultate so verschieden, dafs die ersteren oft das Drei- und Vierfache der letzteren betragen. Dazu kommt noch der Einflufs der Höhe des Wasserstandes, denn es zeigt sich, dafs die Verdunstung nicht nur von der Ausdehnung der Oberfläche, sondern auch von der Wassertiefe abhängt, und zwar wird sie gröfser, wenn die Tiefe zunimmt, vorausgesetzt, dafs nicht etwa das flachere Wasser sich stärker erwärmt und deshalb auch stärker verdunstet. Endlich zeigt sich noch eine neue Schwierigkeit, wenn man die Resultate dieser Beobachtungen auf die Bestimmung der Wassermasse anwenden will, welche sich in den Quellen und Flüssen ansammelt. Die Erdoberfläche, welche nämlich den Niederschlag aufgenommen hat, verdunstet nur so lange, als der mit der Luft in Berührung stehende Theil derselben noch feucht ist, nach erfolgter Austrocknung geschieht dieses aber nur in dem Maafse, als die Feuchtigkeit sich von unten heraufzieht. Sonach ist die ver-

dunstete Wassermenge in höhern und trocknen Gegenden ohne Vergleich viel geringer, als das Atmidometer sie angiebt, welches beständig mit Wasser gefüllt bleibt.

Das Atmidometer, oder der Apparat, womit die Verdunstung gemessen wird, besteht wieder in einem offenen Kasten von bekannter Grundfläche, bei dem man durch Nachwiegen oder Nachmessen die Höhe der Wasserschicht ermittelt, welche täglich daraus entweicht. Beim Gebrauche desselben kommt es besonders darauf an, es so zu stellen, dafs es der Sonne und dem Winde nicht zu stark ausgesetzt ist, sondern ungefähr nur in dem Maafse, wie durchschnittlich der Erdboden. Durch eine angebrachte Bedachung mufs man aber Regen und Schnee davon abhalten.

Die Anzahl der Beobachtungen dieser Art ist sehr beschränkt. Einige derselben mögen hier mitgetheilt werden, und zwar zunächst solche, die ohnfern der See, oder doch an Orten angestellt sind, welche zu den feuchteren gehören.

Orte	Verdunstete Wassermengen
la Rochelle	23,2 Zolle
London	23,8 -
Liverpool	35,7 -
Breda	23,2 -
Rotterdam	23,1 -
Stuttgart	22,9 -

Es stimmt für diese Orte die Verdunstung nahe mit dem Niederschlage überein, dagegen wird sie im Binnenlande gemeinhin gröfser. Sie beträgt

in Mannheim	73,0 Zolle
in Augsburg	60,0 -
in Bordeaux	59,1 -
in Marseille	85,8 -
in Poitiers	38,6 -
in Troyes	29,8 -

Die an drei verschiedenen Orten neben dem Canal von Bourgogne angestellten Beobachtungen, die einen Zeitraum von 6 Jahren umfafsten, ergaben dagegen durchschnittlich die Höhe der jährlich verdunsteten Wasserschicht nur gleich 22,4 Zoll, während die Höhe des Niederschlages in derselben Zeit 30,7 Zoll maafs. Dieselbe Er-

scheinung ist auch später an verschiedenen andern Orten in Frankreich beobachtet.

In der heifsen Zone ist die Verdunstung bedeutend stärker, und besonders wenn der Wassergehalt der Luft nur geringe ist und von dem Sättigungspunkte weit entfernt bleibt, also wenn der Regen nur selten, vielleicht auch nie vorkommt. Man hat beobachtet, dafs in Cumana jährlich 130 Zoll verdunsten, in den Steppen Africa's steigt dieses Maafs sogar wahrscheinlich auf 300 Zoll.

Die Verdunstung ist augenscheinlich nicht während des ganzen Jahres dieselbe. An einzelnen Orten hat man tägliche Beobachtungen angestellt, und daraus für die verschiedenen Monate die mittlere tägliche Verdunstung gefunden. In Montmorency ist dieses in den 40 Jahren von 1765—1804 geschehen, in Liverpool während 4 Jahren.

Mittlere tägliche Verdunstung.

	Montmorency.	Liverpool.
Januar	0,26 Linien	0,56 Linien
Februar	0,41 -	0,73 -
März	0,70 -	0,98 -
April	1,00 -	1,28 -
Mai	1,24 -	1,63 -
Juni	1,38 -	1,72 -
Juli	1,64 -	1,92 -
August	1,60 -	1,94 -
September	1,04 -	1,27 -
October	0,64 -	0,95 -
November	0,32 -	0,58 -
December	0,25 -	0,56 -
Durchschnittlich	0,877 Linien	0,173 Linien.

Plieninger in Stuttgart stellte sowol über die tägliche Verdunstung, wie auch über den täglichen Niederschlag Messungen an, und fand die nachstehenden Resultate, von denen die ersteren aus den 15jährigen Beobachtungen von 1834 bis 1848 und die letztere aus den 24jährigen von 1825 bis 1848 hergeleitet sind.

	mittlere Verdunstung	tägliche Niederschläge
Januar	0,19 Linien	0,48 Linien
Februar	0,31 -	0,56 -
März	0,55 -	0,61 -
April	0,86 -	0,64 -
Mai	1,28 -	0,83 -
Juni	1,35 -	1,18 -
Juli	1,33 -	0,98 -
August	1,16 -	0,98 -
September	0,76 -	0,94 -
October	0,44 -	0,69 -
November	0,31 -	0,78 -
December	0,21 -	0,51 -
Durchschnittlich	0,736 Linien	0,769 Linien.

Um für unsere Gegenden einigen Anhalt zu gewinnen, sind die in Berlin angestellten Beobachtungen für das Jahr 1833 in dieser Beziehung näher untersucht. Dieses Jahr ist gewählt, weil der Niederschlag in demselben ungefähr der Mittelzahl entspricht, und weil die Beobachtungen dieses Jahrganges noch etwas vollständiger, als die der andern sind.*) Nach den mitgetheilten Angaben, wobei jedoch 23 Tage fehlen, beträgt die Verdunstung im ganzen Jahr 26,0 Zoll. Von diesen treffen

		Anzahl der beob. Tage	mittlere tägl. Verdunstung
auf den Januar	0,74 Zoll	31	0,29 Linien
- - Februar	0,82 -	28	0,35 -
- - März	1,29 -	31	0,50 -
- - April	2,40 -	30	0,96 -
- - Mai	4,44 -	26	2,05 -
- - Juni	5,32 -	29	2,21 -
- - Juli	3,28 -	19	2,08 -
- - August	2,97 -	29	1,22 -
- - September	1,08 -	30	0,43 -
- - October	2,09 -	30	0,84 -
- - November	0,89 -	29	0,37 -
- - December	0,70 -	30	0,28 -
	26,02 Zoll.		

*) Preufsische Staatszeitung für 1833.

Wenn es statthaft ist, aus diesem einzelnen, und noch dazu unvollständigen Jahrgange einen Schluſs zu ziehn, so wäre für den vorliegenden Zweck die Folgerung wichtig, daſs für die hiesige Gegend die Verdunstung in den Monaten Mai bis Juli am stärksten ist und alsdann durchschnittlich an jedem Tage etwa 2 Linien beträgt, daſs sie aber, wenn der Regen am seltensten wird, unter eine Linie herabsinkt.

Endlich muſs hier noch der Beobachtungen erwähnt werden, welche Dalton in der Nähe von Manchester anstellte, um zu ermitteln, in welchem Verhältnisse die auf den Erdboden herabfallende Wassermenge theils verdunstet, theils offen abfließt und theils unterirdische Quellen bildet. *) Ein Gefäſs von verzinntem Eisenblech, 3 Fuſs hoch und 10 Zoll weit, wurde sowohl nahe über seinem Boden, als auch unter dem obern Rande mit Oeffnungen und Abfluſsröhren versehn. Um das Verstopfen der untern Oeffnung zu verhindern, befand sich über dem Boden eine Kiesschicht, worüber frische Erde geschüttet war. Dieses Gefäſs wurde so tief eingegraben, daſs die Oberfläche der Erde im Gefäſse so hoch als die des umgebenden Bodens lag. Die beiden Abfluſsröhren wurden aber nach andern Gefäſsen geleitet, deren Inhalt man bequem untersuchen konnte. Zunächst wurde reichlich Wasser zugegossen, um die vollständige Tränkung der Erde hervorzubringen. Dieses Wasser floſs durch beide Oeffnungen ab. Alsdann blieb der Apparat nur demselben Einfluſs der Atmosphäre, wie der umgebende Boden, ausgesetzt, und nach einigen Monaten fing man an, die ausfließenden Wassermengen zu messen, während ein danebenstehendes Ombrometer die Regenmenge angab. Diese Beobachtungen wurden während der drei Jahre 1796 — 1798 fortgesetzt, doch erlitten sie nach kurzer Zeit insofern eine Aenderung, als die Erde im Gefäſse sich setzte und der Abfluſs durch die obere Oeffnung ganz aufhörte. Nach einem Jahr hatte sich im Gefäſse ein Rasen gebildet, welcher indessen auf die Verdunstung keinen Einfluſs zu haben schien. Die Resultate waren durchschnittlich für die einzelnen Monate folgende:

*) Gilbert's Annalen. Band 15. S. 266 ff.

	Höhe des ausfliefsenden Wassers	Höhe des Niederschlages in dem Ombrometer	Differenz beider, oder Höhe der Verdunstung
Januar . . .	1,45 Zoll	2,46 Zoll	1,01 Zoll
Februar . . .	1,27 -	1,80 -	0,53 -
März	0,28 -	0,90 -	0,62 -
April	0,23 -	1,72 -	1,49 -
Mai	1,49 -	4,18 -	2,69 -
Juni	0,30 -	2,48 -	2,18 -
Juli	0,06 -	4,15 -	4,09 -
August . . .	0,17 -	3,55 -	3,38 -
September . .	0,32 -	3,28 -	2,96 -
October . . .	0,23 -	2,90 -	2,67 -
November . .	0,88 -	2,94 -	2,06 -
December . .	1,72 -	3,20 -	1,48 -
Summa	8,40 Zoll	33,56 Zoll	25,16 Zoll.

Von der ganzen Regenmenge verdunsteten also ungefähr drei
ertheile, während nur ein Viertheil abfloſs, und zwar hörte dieser
bfluſs oder die Speisung der Quellen in dem Sommer und Herbste
inahe ganz auf. Ein unmittelbar daneben aufgestelltes Atmido-
eter ergab den Werth der Verdunstung gleich 30 Zoll, während
r beschriebene Apparat nur 25 Zoll dafür nachwies. Dieser Unter-
hied erklärt sich dadurch, daſs das Erdreich oft so trocken wurde,
ſs seine Oberfläche nicht die Wassermenge enthielt, welche die
uft aufzunehmen fähig war.

§. 5.

Cisternen.

Da das Regen- und Schneewasser sich in ähnlicher Art aus der
uft ausscheidet, wie dieses im Helm der Destillirblase geschieht, so
t es sehr rein und eignet sich sonach vollständig zu den gewöhnlichen
irthschaftlichen Zwecken, und namentlich zur Zubereitung der Spei-
n und Getränke und zum Waschen. Aus diesem Grunde ist das
uffangen des Regenwassers in gröſserer oder geringerer Ausdeh-
ng vielfach üblich. Wo andere reiche Quellen zu Gebote stehn,
rwendet man indessen hierauf wenig Sorgfalt, und kaum wird da-
lbst irgend eine bauliche Einrichtung zu diesem Zwecke getroffen.

Wenn dagegen der Boden entweder kein Wasser giebt, auch die Zuleitung von Quellen schwierig ist, oder wenn der sumpfige und vielleicht mit Seewasser durchzogene Grund alle Brunnen mit unbrauchbarem Wasser speist, so erhält die Auffangung und Aufbewahrung des Regenwassers solche Wichtigkeit, dafs man bedeutende Anlagen zu diesem Zwecke macht. Dieses sind die Cisternen, die man, wenn sie nur das Wasser der Dachrinnen aufnehmen, auch wohl Regensärge zu nennen pflegt. Sie bestehn aus wasserdichten überwölbten Bassins, die so tief im Boden liegen, dafs weder der Frost, noch die Sommerwärme eindringt, und sind mit den nöthigen Vorrichtungen zur zweckmäfsigen Zuleitung und Entnehmung des Wassers, sowie zur Reinigung versehn. Insofern die Speisung der Cisternen von der Quantität des Niederschlages abhängt, und diese wieder in den verschiedenen Jahreszeiten sehr verschieden ist, während der Verbrauch des Wassers ziemlich gleichmäfsig erfolgt, so müssen die Cisternen den Bedarf von 3 bis 4 Monaten fafsen können, und hieraus ergiebt sich sowohl die nöthige Gröfse derselben, als auch die erforderliche Ausdehnung der Oberfläche, die das Wasser auffängt. Es ist dabei jedoch nicht zu übersehn, dafs die aufgefangene Wassermenge etwas geringer ist, als die wirklich niedergeschlagene, und dieses namentlich, wenn man nicht nur Dachflächen, sondern auch gepflasterte Hofräume benutzt, weil alsdann eine merkliche Quantität sich schon durch die Fugen des Pflasters in den Boden zieht.

Nichts desto weniger ist die auf solche Art gewonnene Wassermenge noch sehr bedeutend, und in unserm Klima würde der Bedarf für die gewöhnlichen häuslichen Zwecke durch Cisternen vielfach gesichert werden können. Wenn die aufgefangene Wassermenge auch nur einem Niederschlage von 12 Zoll entspricht, oder jährlich von jedem Quadratfufs Oberfläche nur ein Cubikfufs Wasser in die Cisterne fliefst, während jeder Einwohner täglich $\frac{1}{2}$ Cubikfufs Wasser consumirt, was nach den spätern Mittheilungen für häusliche Zwecke gewöhnlich genügt, so würde eine Oberfläche von $1\frac{1}{4}$ Quadratruthe jedem Einwohner das nöthige Wasserquantum liefern. Nimmt man aber, wie Leslie gethan hat, den nothwendigen Bedarf eines Individuums nur zu $\frac{1}{4}$ Cubikfufs englisches Maafs oder sehr nahe 5 preufsische Quart an, so liefern schon die Dachflächen das nöthige Wasser.

Wasserdichtigkeit ist bei einer Cisterne das erste Erfordernifs,

und hierdurch wird zugleich die möglichste Solidität des Baues bedingt, denn wenn einzelne Theile sich setzen sollten, so würden die entstehenden Risse dem Wasser den Durchfluſs gestatten. Aus diesem Grunde pflegt man dem Gewölbe, welches die Decke der Cisterne bildet, keine weite Spannung zu geben, sondern diese im Maximum auf 10 bis 12 Fuſs zu beschränken, und dafür lieber, wenn eine gröſsere Breite erforderlich ist, mehrere überwölbte Räume, die unter sich in Verbindung stehn, neben einander anzulegen, wobei die Zwischenmauern die gemeinschaftlichen Widerlager bilden. Diese Anordnung stellt sich bei groſsen Cisternen auch gemeinhin als die wohlfeilste heraus.

Fig. 4 und 5 zeigen eine Cisterne von Mittlerer Gröſse, welche durch die Rinnen eines geflasterten Hofes gespeist wird. *A* ist der Brunnen, in welchem das Wasser sich zunächst ansammelt. Derselbe ist oben mit einem Gitter verschlossen, um das Hineinfallen gröſserer Körper zu verhindern. Um Sand und andere schwere Stoffe, welche das Wasser mit sich führt, aufzufangen, steht er nicht an seinem Boden, sondern 1 bis 2 Fuſs darüber mit der Cisterne in Verbindung, und läſst sonach das Wasser in seiner Oberfläche abflieſsen. Damit er von Zeit zu Zeit gereinigt werden kann, muſs er wenigstens 3 Fuſs weit sein. Bei kleineren Cisternen, welche nur das Regenwasser der Dächer aufnehmen, pflegt man statt dieses Speisebrunnens ein kleines Bassin, der Seiger genannt, unter dem Abfallrohre anzubringen, welches einige Cubikfuſs Wasser faſst, und von dessen oberm Rande die Zuleitungsröhre nach der Cisterne führt. Jedenfalls wird das Wasser, bevor es in die Cisterne tritt, noch durch ein zweites enges Gitter oder Drahtnetz geleitet, damit auch kleine schwimmende Körper zurückgehalten werden. Das Saugerohr *B*, durch welches das Wasser aus der Cisterne gehoben wird, muſs möglichst weit von der Einfluſsöffnung entfernt sein, damit die feinern erdigen Stoffe nicht leicht zu demselben gelangen. Um durch die Pumpe alles Wasser ausheben und nöthigenfalls die Cisterne ganz trocken legen zu können, giebt man dem Boden eine schwache Neigung von $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{200}$ und bringt längs der Stirnmauer, welche die niedrigste Seite des Bodens begrenzt, einen flachen Graben *D* an.

Behufs Reinigung der Cisterne wird noch eine 3 Fuſs weite Einsteigeöffnung *C* angebracht, die am passendsten ihre Stelle neben der Pumpe findet, wodurch theils die Reparatur der letzteren und

theils die Reinigung des Bodens und die Herausschaffung des zusammengekehrten Niederschlages erleichtert wird. Diese Oeffnung ist mit einem Deckel geschlossen. Endlich pflegt man auch dafür zu sorgen, dafs die Cisterne nicht bis zum Scheitel des Gewölbes sich anfüllen, und dadurch das letztere einem starken Drucke aussetzen kann. Zu diesem Zwecke geht ein Ableitungsrohr *E* entweder von der Cisterne selbst, oder noch besser von dem Speisebrunnen aus nach einer tiefern Stelle des Hofes.

Ueber die Construction der Cisterne ist wenig zu bemerken. Um das Durchdringen des Wassers durch die Mauern zu verhindern, müssen letztere aus hartgebrannten Steinen in gutem hydraulischem Mörtel ausgeführt werden. Aufserdem wird der Boden gewöhnlich mit 3 Schichten flach gelegter Ziegel bedeckt, und zwar wenn der Baugrund fester Kies ist, kann man, wie die Figur andeutet, die untere dieser Schichten unmittelbar auf den sorgfältig geebneten Boden legen. Die Fugen derselben werden mit einem dünnflüssigen hydraulischen Mörtel ausgegossen, die zweite und dritte Schicht, die mit der ersten und unter sich einen guten Verband bilden müssen, legt man in ein Mörtelbette, und sorgt dafür, dafs auch hier die Stofsfugen nicht offen bleiben. Wenn dagegen der Baugrund einiges Setzen befürchten läfst, so mufs der Boden der Cisterne eine gröfsere Stärke erhalten. Bei der Cisterne zu Charlemont, die Bélidor*) beschreibt, bestand derselbe aus einem drei Fufs starken Mauerwerk, worüber jene drei Ziegelschichten noch gelegt wurden.

Nachdem das gesammte Mauerwerk der Cisterne mehrere Monate gestanden hat, und theils gehörig ausgetrocknet ist, theils aber sich vollständig gesetzt hat, so wird gemeinhin die ganze innere Oberfläche der Cisterne und des Brunnens, am Boden, an den Wänden und der gewölbten Decke, und ebenso auch von aufsen die flache Abdachung über dem Gewölbe mit einer Lage von sorgfältig zubereitetem und schnell bindendem hydraulischen Mörtel 1 bis 1½ Zoll hoch überzogen. Damit dieser Ueberzug gut haftet, müssen vorher die sämmtlichen Fugen mit einem eisernen Haken etwa 1 Zoll tief geöffnet und das Mauerwerk stark benetzt werden. Der Mörtel wird in kleinen Massen aufgetragen und mit einer schmalen flach convexen Kelle fest eingestrichen. Zur Ausfüllung der Unebenheiten,

*) *Science des Ingénieurs.* Buch IV. Cap. 12.

sowie der feinen Risse, welche sich nach einigen Tagen zeigen, wird eine zweite, jedoch viel dünnere Lage desselben Mörtels aufgebracht und gerieben, bis sie erhärtet. Dieses Verfahren mufs so lange von Tage zu Tage wiederholt werden, bis keine Risse mehr zum Vorschein kommen. Die Quantität des aufgetragenen Mörtels mufs aber, sobald die Risse feiner werden, auch immer abnehmen, so dafs der dünne Mörtel zuletzt nur mit einem Pinsel aufgestrichen wird, doch wird das Einreiben auch alsdann noch fortgesetzt. Bei Anfertigung des Mörtelüberzuges über der äufseren Abdachung mufs man durch Ueberdeckung mit Stroh das zu schnelle Austrocknen verhindern und an sehr heifsen Tagen die Arbeit ganz einstellen. Endlich ist noch zu erwähnen, dafs die Abdachung später gewöhnlich mit Kies beschüttet wird, um das Ansammeln des Wassers darüber zu verhindern.

Wenn der Ueberzug aus gewöhnlichem Mörtel besteht, den man aus fettem Kalke bereitet hat, so darf man die Cisterne nicht früher benutzen, als bis der letztere sich mit Kohlensäure gesättigt hat. Wartet man diesen Zeitpunkt nicht ab, so löst sich zunächst der Kalk im Wasser der Cisterne auf, und verdirbt dasselbe, worauf nach und nach die Mauern undicht werden. Bei einer neben Beaumont an der Oise ausgeführten Cisterne war diese Vorsicht unbeachtet geblieben, und man bemerkte bald, dafs das Wasser in derselben sich in Kalkwasser verwandelte. D'Arcet liefs die Cisterne entleeren, möglichst austrocknen, und am Boden mehrere Feuerstellen durch Aufschütten von Asche und Einfassen mit Ziegeln einrichten. Hierin wurden alle Tage grofse Massen Holzkohlen verbrannt, während in der Nacht die frische Luft hinzutrat. Nach acht Tagen war der Ueberzug schon in kohlensauren Kalk verwandelt, doch setzte man das Verbrennen der Kohlen noch drei Tage fort. Alsdann wurde das Wasser hineingelassen, das sich auch vollständig rein erhielt.

Ist der Untergrund sehr wasserhaltig, so pflegt man denselben mit einer starken Thonschicht zu überdecken, die fest angestampft wird, und den Boden der Cisterne trägt. Nicht selten werden auch die Seitenmauern der letzteren in solchem Falle mit einem Thonschlage umgeben.

Die sehr grofsen und zum Theil mit auffallendem Luxus ausgeführten alten Cisternen in Constantinopel scheinen nicht sowol zum Auffangen des Regenwassers, als vielmehr desjenigen Wassers be-

stimmt gewesen zu sein, welches durch die Aquaducte vor dem Eintritt der trocknen Jahreszeit aus den Umgebungen der Stadt zugeführt wurde. *)

Als eine besondere Art von Cisternen verdienen noch die Brunnen in Venedig erwähnt zu werden. Der niedrige, vom Seewasser durchzogene Boden giebt kein brauchbares Wasser, und die weite Entfernung des festen Landes von nahe einer Meile erlaubte nicht eine Wasserleitung von dorther einzurichten. Der Bedarf wurde also zum Theil in kleinen Fahrzeugen, die man in der Brenta füllte, beigeschafft, doch waren diese keineswegs so zweckmäßig eingerichtet, wie jene, welche von der Vechte aus das Wasser nach Amsterdam bringen. Bei den letzten ist nämlich der Wasserraum vollständig abgeschlossen und verdeckt, und wird durch Klappen im Boden gefüllt, während mehrere Pumpen dazu dienen, das Wasser bequem und ohne Verunreinigung zu heben. In Venedig war diese, durch Fahrzeuge herbeigeführte Wassermasse nur unbedeutend gegen die, welche durch Auffangen des Regenwassers angesammelt wurde, und hierzu dienten eben die erwähnten Brunnen. Dieselben werden nicht nur durch den auf die Dächer niederschlagenden Regen gespeist, sondern auch durch das Wasser von den Strafsen und sogar durch Spühligt, das gewöhnlich in die Rinnen neben den Brunnen gegossen wird. Sie sind daher mit einer Vorrichtung zum Filtriren versehn, und dieser Umstand unterscheidet sie eben von den gewöhnlichen Cisternen. Es mufs aber noch daran erinnert werden, dafs das Sammelwasser von den Strafsen in Venedig nicht in der Art verunreinigt ist, wie in andern Städten, da es hier keine Pferde giebt. Die Einrichtung dieser Brunnen zeigt Fig. 6 im Durchschnitte. Man hebt die Baugrube so tief aus, wie dieses wegen des Wasserzudranges möglich ist, und mindestens bis zu den fest abgelagerten und bereits stark comprimirten Erdschichten, die man in einer Tiefe von 10 Fufs vorfindet. Die Weite ist gleichfalls sehr verschieden, je nachdem man gröfsere oder kleinere Wassermengen darin auffangen will. Der Grund wird mit einer etwa 1 Fufs hohen Lage fetten Thones sorgfältig ausgestampft und darüber ein wasserdichter Boden von gebrannnten Steinen ausgeführt, der zugleich das Fundament der darauf stehenden Mauern bildet. Die äufsere dieser

*) Wiener allgemeine Bauzeitung 1853, S. 56.

linern, welche entweder einen kreisförmigen, oder einen quadratischen Raum einschliefst, und im ersten Falle theils senkrecht steht, theils nach aufsen überhängt, um den cubischen Inhalt des Brunnens zu vergröfsern, mufs in allen Theilen wasserdicht sein. Zu diesem Behufe wird sie gleich bei dem Aufführen mit Thon hinterstampft. Sie erhebt sich so weit, dafs ihre Deckplatten einen Theil des Strafsenpflasters bilden. Der cylindrische innere Brunnenkessel ist im untern Theile, etwa 2 Fufs hoch, aus roh bearbeiteten Bruchsteinen mit offenen Fugen erbaut, damit das Wasser ohne Schwierigkeit hineindringen kann; weiter aufwärts ist er dagegen wasserdicht und mit gebrannten Steinen ausgeführt, und erhebt sich bis zur Höhe des Strafsenpflasters. Er trägt als Einfassung gewöhnlich ein Corinthisches Capitäl aus weifsem Marmor. Der Raum zwischen beiden Kesseln wird mit reinem Flufssande bis etwa 5 Fufs unter dem Pflaster angefüllt, und nachdem derselbe mit reinem Wasser angegossen und angestampft ist, so dafs man ein merkliches Setzen nicht mehr befürchten darf, so legt man als Boden und Fundament für den kleinern Canal möglichst nahe an der äufsern Mauer eine Lage Steinplatten mit offenen Stofsfugen. Hierüber wird aus gebrannten Steinen der zwei Fufs weite und drei Fufs hohe überwölbte Canal ausgeführt, von dem zwei oder vier gemauerte Röhren nach eben so viel durchlochten Steinen des Strafsenpflasters hinaufführen. Der übrigbleibende Raum wird wieder mit reinem Sande ausgefüllt, worauf das Pflaster mit den Rinnen liegt, welche das Wasser zu den erwähnten durchlochten Steinen führen. Die Wirksamkeit des Brunnens ist diese, dafs das hineinfliefsende Wasser sich zunächst in dem Canale ansammelt, und von hier langsam durch den Sand in den innern Brunnenkessel dringt. Bei einigen dieser Brunnen stellt man auch den innern Kessel, soweit derselbe offene Fugen hat, mit Kohlen umschütten, um dadurch das Wasser noch vollständiger zu reinigen.

Diese Brunnen versiegen niemals ganz, indem der durchnäfste Sand auch während der gröfsten Dürre noch einiges Wasser ausscheidet, doch ist die Wassermenge zuweilen so geringe, dafs morgens in sehr kurzer Zeit der ganze Vorrath, der sich während 24 Stunden angesammelt hatte, ausgeleert wird, und der Brunnen alsdann während des ganzen Tages geschlossen bleiben mufs. Das ausgehobene Wasser ist klar und gewöhnlich von reinem Geschmack,

so dafs es zu allen häuslichen Zwecken benutzt wird, einen grofsen Uebelstand verursachen aber die selten wiederkehrenden sehr hohen Fluthen des Adriatischen Meeres, welche, indem sie die Strafsen unter Wasser setzen, auch in die Brunnen treten und den Sand mit Salztheilchen anfüllen. Es bleibt alsdann nur übrig, den verunreinigten Sand und zugleich die Canäle auszuheben, und nachdem frischer Sand eingeschüttet worden, letztere neu aufzuführen. *)

Die Sandschüttung, durch welche sich der Venetianische Brunnen hauptsächlich von der gewöhnlichen Cisterne unterscheidet, gewährt nicht nur den Vortheil, dafs das Wasser filtrirt, sondern dieses auch zurückgehalten wird, so dafs es nur nach und nach in das einentliche Sammelbassin oder den innern Brunnenkessel gelangt. Der letzte Umstand ist nicht minder wichtig, als der erste, denn während das Wasser sich in den Zwischenräumen des Sandes befindet, so ist es bei dessen geschützter Lage von jeder Verunreinigung von aufsen, sowie auch vor der Bildung eines organischen Lebens im Innern gesichert, und da es nur in dem Maafse in den Brunnenkessel fliest, wie letzterer ausgeschöpft wird, so bleibt es nicht so lange darin, dafs der Zutritt der Luft es daselbst verderben, oder dafs Pflanzen und Thiere darin vegetiren könnten. Dieser Brunnen ist also ein fliefsender Quell, der ähnlich den natürlichen Quellen immer frisches Wasser giebt.

Man hat auch bei andern Cisternen die Vorrichtung angebracht, dafs das eintretende Wasser durch Sandschüttungen geleitet wird, doch ist die Quantität des Sandes alsdann so geringe, dafs sie nur wenig Wasser zurückhält und der gröfste Theil desselben sich in dem Reservoir ansammelt. Dieses ist z. B. in der ausgedehnten Cisterne in Livorno der Fall. Ein grofses Bassin von etwa 21 Ruthen Länge und 18 Ruthen Breite, dessen gewölbte Decke von zwanzig Mittelpfeilern getragen wird, nimmt das gereinigte Wasser auf, während zwei mit Sand gefüllte Räume zur Seite, deren jeder nur den vierten Theil des Flächeninhalts vom Bassin faist, als Filter dienen. **)

*) Die vorstehende Beschreibung beruht grofsentheils auf Nachrichten, die ich in Venedig gesammelt habe. Die in der Wiener allgemeinen Bauzeitung, Jahrgang 1836, wie in den Litteratur-Blättern derselben von 1861 und 1864 gemachten Mittheilungen stimmen hiermit ungefähr überein, indem sie noch verschiedene Details hinzufügen.

**) Förster's Allgemeine Bauzeitung. 1838. S. 165.

Zweiter Abschnitt.

Quellen und Brunnen.

§. 6.

Wassermenge der Quellen.

Aus den im ersten Abschnitte mitgetheilten Beobachtungen ergiebt sich, dafs an vielen Orten im Laufe des Jahres eine gröfsere Wassermenge verdunstet, als die atmosphärischen Niederschläge liefern. Wäre daher hier der Erdboden ganz eben und wasserdicht, so dafs der Regen oder das Schneewasser unbeweglich an der Stelle bliebe, wo es niedergefallen, so würde daselbst keineswegs das Wasserquantum fortwährend zunehmen, sondern im Gegentheil würde es zuweilen vollständig verschwinden und der Boden würde ganz trocken werden.

Die Erdoberfläche ist indessen weder eben noch undurchdringlich. Das Regen- und Schneewasser fliefst sogleich von allen, und selbst von schwach geneigten Anhöhen herab, und sammelt sich in den tieferen Stellen, also in Sümpfen, Teichen oder Bachbetten. Hier wird es von der Luft nur in einer geringeren Oberfläche berührt, als diejenige war, auf der es niederfiel, und sonach verdunstet auch nur weniger, als wenn es nicht abgeflossen wäre. Andrerseits dringt das Wasser auch in den Boden ein, und wenn dieses bis zur Tiefe von etwa 1 Fufs oder darüber geschieht, so entzieht es sich vollständig der Verdunstung, bis es vielleicht an einer tiefer belegenen Stelle wieder als Quell hervortritt und mit der Luft aufs Neue in Berührung kommt. Dasjenige Wasser aber, welches die obere Erdschicht benetzt, bleibt der Verdunstung ausgesetzt, und in dem Maafse wie es verdunstet, steigt das darunter befindliche Wasser in Folge der Capillar-Attraction aus der Tiefe von etwa 1 Fufs wieder auf, und verdunstet gleichfalls nach und nach.

In dieser Weise entzieht sich ein grofser Theil des Niederschlages der Verdunstung und speiset die Bäche, Ströme und Seen. Das

Verhältnifs desselben zur ganzen Masse des Niederschlages hängt aber theils von der Neigung und theils von der Beschaffenheit des Bodens ab. Von steilen Abhängen eines festen Gebirges stürzt das Wasser ohne merklichen Verlust in das Bachbette hinab, in klüftigem Gebirge, wie in der Kreide, verschwindet es dagegen sogleich in den Spalten, woher die wenig ausgebildeten Bachbetten daselbst auch nur zur Zeit des stärksten Regens sich zu füllen pflegen. In den Ebenen sammelt sich das Wasser an, wenn nicht für eine schnelle Entwässerung durch Abzugsgräben künstlich gesorgt wird. Besteht der Boden dagegen aus Torf oder ist er mit Laub oder Moos überdeckt, so nehmen diese Stoffe das Wasser in grofser Menge auf und schützen es gegen Verdunstung, während es durch die darunter befindlichen Sand- und Kiesschichten langsam abfliefst und nie versiegende Quellen speist.

Wenn auch in früherer Zeit, als man die Wassermassen der Flüsse noch nicht gemessen hatte, diese einfachen Verhältnisse nicht erkannt, vielmehr die wunderbarsten Hypothesen über den Ursprung der Quellen aufgestellt wurden, so überzeugte sich doch schon Mariotte, dafs die Seine nur etwa den sechsten Theil desjenigen Wassers dem Meere zuführt, das in ihrem Gebiete als Regen oder Schnee niederfällt.

Dalton stellte sich die Aufgabe, für die sämmtlichen Ströme und Flüsse in England und Wales diesen Vergleich durchzuführen. Wie sicher seine Messungen der Regenmenge indessen auch waren, so blieben die Schätzungen der Wassermengen der Ströme doch höchst zweifelhaft, indem für die Themse nur mittlere Tiefen und Geschwindigkeiten arbitrirt, und die andern Ströme sogar nur nach oberflächlicher Schätzung mit der Themse verglichen wurden. Das Resultat war dafs eine Wassermenge, welche der Höhe von 12 Zoll 7 Linien Rheinländisch entspricht, durch diese Ströme dem Meere zugeführt wird. *)

Für die Seine hat Arago **) eine Berechnung mitgetheilt, die jedenfalls gröfseres Vertrauen verdient. Hiernach werden an der Brücke unterhalb der Tuilerien bei mittlerem Wasserstande 8248 Rhl. Cub. Fufs in der Secunde abgeführt, also während des Jahres 26012 Millionen Cub. Fufs, und der Flächenraum, auf dem das Wasse

*) Gilbert's Annalen, Band 15, S. 249 ff.
**) *Annuaire pour l'an* 1834. S.197 ff.

sich sammelt, hat eine Ausdehnung von 664,2 Deutschen Quadrat-Meilen. Die Höhe der durch die Seine abgeführten Wassermenge beträgt also 7 Zoll 1 Linie, oder sie kommt ungefähr dem dritten Theile des Niederschlages gleich.

Später hat Dausse *) die Höhe desjenigen Theiles des Niederschlages im Gebiete der Seine, der im Flusse abgeführt wird, aus den an der Brücke Tournelle in Paris angestellten Wasserstands-Beobachtungen hergeleitet. Letztere umfassen die dreifsig Jahre von 1807 bis 1836. Auf Rheinländische Zolle reducirt ergab sich durchschnittlich diese Höhe

von Mai bis October	2,37 Zoll
von November bis April	4,41 -
also im ganzen Jahre	6,78 -

was mit dem von Arago gefundenen Resultate ungefähr übereinstimmt.

Ich habe versucht, für einige Ströme in Preufsen dieses Verhältnifs zu ermitteln, und wenn die Resultate auch nicht den Grad von Sicherheit haben, den man bei allen Untersuchungen zu erreichen wünscht, so dürften sie doch den eben mitgetheilten nicht an Genauigkeit nachstehn. Welche Ausdehnung ein Stromgebiet hat, worauf das Wasser sich sammelt, das an einer bestimmten Stelle des Flusses vorbeigeführt wird, läfst sich auf jeder guten Charte genau genug nachmessen. Wie grofs die Regenmenge ist, kann man aus der obigen Tabelle, wenn auch nicht ganz sicher, doch wenigstens annähernd entnehmen. Viel schwieriger ist aber die Frage zu beantworten, welche Wassermenge der Strom durchschnittlich abführt. Eine genaue Messung derselben ist schon bei kleinem Wasser und schwacher Strömung sehr zeitraubend und umständlich, bei hohen und den höchsten Wasserständen, die oft ganz unerwartet eintreten und nicht lange anhalten, ist sie aber kaum mit einiger Sicherheit auszuführen. Eine Zusammenstellung aller verschiedenen Wassermengen, die während des ganzen Jahres abgeführt werden, woraus man die mittlere finden könnte, läfst sich sonach nicht machen, und man mufs voraussetzen, dafs beim mittlern Wasserstande der Strom auch die mittlere Wassermenge abführt. Der mittlere Wasserstand ist überall, wo Pegelbeobachtungen regelmäfsig angestellt

*) *Annales des Ponts et Chaussés* 1842. I. *pag.* 200.

werden, leicht zu finden. Ich habe in den folgenden Rechnungen denselben allein aus dem Jahre 1833 hergeleitet, da die mittlere Höhe sowohl der Wasserstände, als der atmosphärischen Niederschläge, in diesem Jahre ziemlich nahe gleich kommt den aus mehreren Decennien hergeleiteten arithmetischen Mitteln. Hiernach bestimmten sich die Wasserstände, für welche man die zugehörigen Wassermengen suchen mufs, doch trafen die wenigen, meist zu anderem Zwecke angestellten Messungen der Wassermengen nicht auf diese Pegelstände, und es kam daher zunächst darauf an, zu untersuchen, in welchem Maafse die Wassermenge bei höherem oder niedrigerem Stande sich vergröfsert oder verkleinert. Hierzu würde eine einfache Interpolation genügen, wenn gröfsere Reihen von Messungen bei verschiedenen Wasserständen vorgelegen hätten, doch war dieses allein bei der Weser der Fall, für alle übrigen Ströme konnte ich nur einzelne Messungen zum Grunde legen.

Wenn auch die neuern Messungen zu einer ganz andern Beziehung zwischen der mittleren Geschwindigkeit und dem Gefälle der Ströme geführt haben, als man bisher annahm *), so haben dieselben dennoch bestätigt, dafs bei gleichem Gefälle die mittlere Geschwindigkeit der Quadratwurzel aus der mittleren Tiefe proportional ist. Indem aber auch die Wassermengen bei gleicher Breite des Flufsbettes wieder den Producten aus den mittleren Geschwindigkeiten in die mittleren Tiefen proportional sind, so folgt, dafs bei verschiedenen Wasserständen die Quadrate der Wassermengen zu den dritten Potenzen der mittleren Tiefen in constantem Verhältnisse stehn. Die beiden eingeführten Voraussetzungen sind freilich in aller Strenge nicht richtig, aber sie rechtfertigen sich wohl, wenn der Wasserstand, bei dem die Wassermenge gemessen wurde, demjenigen ziemlich nahe liegt, auf den man letztere reduciren will. Man erhält hiernach die dem mittleren Wasserstande entsprechende Wassermenge

$$M' = \left(\frac{h + a}{h}\right)^{\frac{3}{2}} M$$

wo M die beobachtete Wassermenge für die mittlere Tiefe h, und $h + a$ die mittlere Tiefe beim mittleren Wasserstande bedeutet. Eine

*) Ueber die Bewegung des Wassers in Strömen. Abhandlungen d. Kgl. Academie der Wissenschaften. Berlin 1868.

Vergleichung der hiernach berechneten Resultate mit den an der Weser wirklich beobachteten zeigte, dafs die Abweichungen nicht bedeutend sind, woher man mit einigem Vertrauen sich dieses Ausdrucks bedienen kann.

Die folgende Tabelle weist die Resultate der sieben Messungen nach, die mir vorlagen. In der zweiten Spalte derselben ist die Ausdehnung des Flufsgebietes nur soweit angegeben, als die Zuflüsse den Strom schon oberhalb des Beobachtungsortes treffen. Die letzte Spalte zeigt aber an, wieviel Zolle hoch das ganze Flufsgebiet von demjenigen Theile des jährlichen Niederschlages bedeckt wird, welchen der Flufs abführt.

	Ausdehnung des Flufsgebietes	Wassermenge beim mittleren Wasserstande	Mittlere Wassermenge pro Quadratmeile	Höhe der abgeführten Wassermenge
	Quadrat-M.	Cubik-F.	Cubik-F.	Zolle.
1) Der Rhein bei Emmerich	2800	76000	27,2	17,8
2) Der Rhein bei Coblenz, oberhalb der Mosel-Mündung	2000	43000	21,5	14,1
3) Die Ems bei Rheine .	65	600	9,3	6,1
4) Die Weser b. Schlüsselburg	370	7100	19,2	12,6
5) Die Weichsel b. Schwetz	3400	34000	10,0	6,6
6) Die Weichsel oberhalb der Montauer Spitze	3500	24000	6,9	4,5
7) Der Pissek b. Johannisburg	35	330	9,4	6,2

Es ergiebt sich hieraus wieder, dafs auch in diesen Fällen die abgeführte Wassermenge bedeutend kleiner, als der jährliche Niederschlag ist, es zeigen sich dabei aber wesentliche Unterschiede, die man keineswegs als Beobachtungsfehler ansehn kann, sie geben vielmehr, übereinstimmend mit der obigen Auseinandersetzung, zu erkennen, dafs die Wassermenge, welche aus Gebirgsgegenden den Strömen zugeführt wird, bedeutender ist, als diejenige, welche eine gleiche Oberfläche des ebenen Landes liefert.

Ueber die einzelnen Beobachtungen mufs noch bemerkt werden, dafs

No. 1. zwar nur auf einer einzelnen Messung beruht, die aber bei einem Wasserstande angestellt wurde, der dem mittleren sehr nahe war.

No. 2. gründet sich auf eine einzige Messung bei sehr niedrigem Wasser, das aus ihr gezogene Resultat verdient sonach wenig Vertrauen.

No. 3. liegen mehrere Messungen zum Grunde, die jedoch in allen Details nicht mehr bekannt sind.

No. 4. bezieht sich auf mehrere Beobachtungen, die vor etwa 20 Jahren bei verschiedenen Wasserständen mit Sorgfalt angestellt wurden.

No. 5. und 6. liegen wieder nur einzelne Messungen zum Grunde, die aber bei Wasserständen gemacht sind, welche nicht viel unter dem mittleren waren.

No. 7. ist endlich auf eine Messung basirt, die ich bei einem Wasserstande, der dem mittleren sehr nahe kam, ausgeführt habe.

In neuster Zeit sind über denselben Gegenstand sehr interessante Untersuchungen theils bereits angestellt, theils auch eingeleitet worden. Namentlich mufs die Einrichtung des hydrometrischen Büreaus für das Seine-Gebiet (*service hydrométrique du bassin de la Seine*) erwähnt werden, die 1854 erfolgte *). Für die Seine selbst, sowie für deren sämmtliche Zuflüsse werden nämlich sowol die täglichen Wasserstände, mit Bezeichnung der Reinheit des Wassers, wie auch die täglichen Niederschläge aufgezeichnet, und in grofsem Maafsstabe graphisch dargestellt. Indem jeder Tag durch die Länge von einem Millimeter (0,46 Rheinl. Linie) bezeichnet ist, die Wasserstände aber im hundertsten Theile und die Niederschläge in der vollen Gröfse angegeben sind, so lassen sich alle Maafse aus diesen Scalen mit hinreichender Sicherheit entnehmen, während die verschiedene Färbung der Wasserstände zugleich die Reinheit des Wassers bezeichnet und die Formation des Bodens durch die beigedruckten Bemerkungen namhaft gemacht wird. Es mag hier nur bemerkt werden, dafs nach den Scalen von 1866 wieder der stärkste Niederschlag bei Settons im Departement Nièvre gemessen wurde und derselbe am 24. September 3 Zoll 10 Linien betrug.

Auch die Wassermengen andrer Ströme sind sowol für das

*) *Annales des Ponts et Chaussées* 1857. I. *pag.* 257.

ganze Jahr, als bei besonders hohen oder niedrigen Wasserständen in neuerer Zeit ermittelt.

Die Oder führt bei Steinau *) jährlich ungefähr den dritten Theil des Niederschlages im Stromgebiete ab, nämlich 5,75 Zoll.

Die Weser soll **) zur Zeit des kleinsten Wassers bei Münden 4,7 und unterhalb der Aller-Mündung nur 4 Cubikfuſs von jeder Quadratmeile ihres Gebietes in der Secunde abführen, zur Zeit des höchsten Wassers dagegen an denselben Stellen 347 und 282 Cubikfuſs von der Quadratmeile. Oberhalb der Mündung der Hase führt die Ems beim niedrigsten und beim höchsten Wasserstande von jeder Quadratmeile ihres Gebietes in der Secunde 3,1 und 415 Cubikfuſs ab.

Für die nachstehend benannten Flüsse in Frankreich sollen die abgeführten Wassermengen zur ganzen Regenmenge in folgendem Verhältnisse stehn ***):

bei der Yonne (in der Lias-Formation) zu l'Auxois 0,65 : 1
bei der Saône zu Trévoux 0,53 : 1
bei der Garonne oberhalb Marmande 0,65 : 1 und
bei der Seine oberhalb Paris 0,28 : 1.

Ferner ist zu erwähnen, daſs die Cure bei ihrer Mündung in die Yonne bei Settons nach 5jährigen Beobachtungen während der Sommermonate Juni bis October 0,44 und während der andern 7 Monate 0,98, durchschnittlich im ganzen Jahre aber 0,74 des gesammten Niederschlages abführt. †)

Endlich sind noch die Resultate der von Humphreys und Abbot in dieser Beziehung angestellten Beobachtungen mitzutheilen. Für den ganzen Missisippi stellt sich das Verhältniſs der jährlich abgeführten Wassermenge zum Niederschlage auf 0,25 während es bei einigen Nebenflüssen, wie dem Missouri und Arcansas nur 0,15 bei andern dagegen wie beim Yazao und St. Francis 0,90 beträgt.

Sehr wichtig sind bei diesen Strömen noch die Verhältnisse zwischen den beim kleinsten und höchsten Stande abgeführten Wassermengen. Bei Columbus, nahe unterhalb der Mündung des Ohio,

*) Zeitschrift für Bauwesen 1868. Seite 90.

**) Zeischrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins in Hannover 1849. Seite 234.

***) *Annales des Ponts et Chaussées* 1860. I. *pag.* 154.

†) *Annales des Ponts et Chaussées* 1853. II. *pag.* 161.

trat der höchste Wasserstand bei 40,7 Fuſs am Pegel den 18. Juni 1858 ein, der niedrigste dagegen am 16. October desselben Jahres bei 3,5 Fuſs. Die Differenz betrug also 37,2 Fuſs Engl. oder 36,2 Rheinländisch. Die Wassermengen betrugen in beiden Fällen nach den dort üblichen Messungsmethoden 1 403 400 und 128 670 Engl. Cubikfuſs in der Secunde. Sie verhalten sich daher zu einander, nahe wie 11 : 1.

In Vicksburg dagegen, das 4½ Grade südlicher liegt und wo inzwischen mit vielen andern kleineren Flüssen noch der Arcansas hinzugetreten ist, fand in demselben Jahre der höchste Stand von 48,2 Fuſs am 24. Juni und der niedrigste von 8,7 Fuſs am 25. October statt. Der Unterschied der Wasserstände betrug also 39,5 Fuſs Englisch oder 37,1 Fuſs Rheinländisch. Die gröſste gemessene Wassermenge wird aber nur zu 1 244 500 Cubikfuſs Engl., also geringer, wie bei Columbus angegeben, die kleinste dagegen zu 233 329 Fuſs. Das Verhältniſs beider stellt sich auf 5,4 zu 1.

In Corrollton dicht oberhalb New-Orleans, woselbst die Messungen im Jahre 1851 gemacht wurden, erreichte der Missisippi die gröſste Höhe von 14,8 Fuſs am 17. März und sank am 20. October auf 1,6 Fuſs herab. Die Differenz der Wasserstände betrug also nur 13,2 Fuſs Engl. oder 12,8 Rhl. Fuſs, und das Verhältniſs der gröſsten Wassermenge zur kleinsten war wie 4,2 zu 1.

Daſs bei einem so groſsen Stromgebiete, wie dem des Missisippi, welches etwa 18 Breitengrade umfaſst, die abgeführte Wassermenge viel gleichmäſsiger bleibt, als in einem kleineren Flusse, dessen ganzes Gebiet leicht von demselben Regen getroffen wird, ist erklärlich, und ebenso auch die andre Erscheinung, die sich aus den vorstehenden Messungen ergiebt, daſs nämlich kleinere Flüsse und Bäche, besonders in festem Gebirge, das Regenwasser viel vollständiger aufnehmen und abführen als gröſsere im flachen Lande. Je länger das Wasser mit der Luft in Berührung bleibt, um so stärker verdunstet es, und je weiter es flieſst, um so mehr findet es auch Gelegenheit, die anliegenden Flächen zu durchdringen und auf denselben wieder zu verdunsten.

§. 7.
Quellenbildung.

Nachdem im Vorstehenden nachgewiesen ist, dafs selbst kleinere Flüsse nicht die ganze Regenmenge abführen, die in ihrem Gebiete niederschlägt, so fehlt jede Veranlassung, noch andere Erklärungen für den Ursprung der gewöhnlichen Quellen zu suchen. Nichts desto weniger mögen diese dennoch mit wenig Worten erwähnt werden, da sie zum Theil auch in die hydrotechnischen Werke übergegangen sind.

Descartes, und nach ihm Silberschlag, betrachtete die Quellen als Producte einer Destillation. Das Meer soll in die feste Erdmasse eintreten und bis zu derjenigen Tiefe versinken, wo die Temperatur den Siedegrad erreicht. Hier verflüchtigt sich das Wasser und schlägt an der kalten Oberfläche nieder, von wo es durch zufällige Spalten oder Kiesschichten abfliefst. Diese Hypothese wird nicht nur durch keine Erscheinung bestätigt, sondern auch durch die Temperatur des Quellwassers widerlegt, die in der Regel mit der mittleren Temperatur des Erdbodens übereinstimmt.

Noch unhaltbarer und augenscheinlich auf einem Irrthume beruhend ist die Voraussetzung, dafs das Wasser in Folge der Capillar-Attraction bis zu den höchsten Gebirgen ansteigt und von hier frei abfliefst. Selbst in dem feinsten Material, wo also die Zwischenräume zwischen den einzelnen Körnchen möglichst enge sind, erhebt sich das Wasser wohl niemals höher, als etwa 2 Fufs, es füllt aber nur eben die Zwischenräume und wird durch die Capillar-Attraction in diesen zurückgehalten. Legt man einen Schwamm in ein Gefäfs mit Wasser, so saugt er das letztere mehrere Zoll hoch an und füllt sich damit in seiner ganzen Höhe, bringt man darin aber eine weite Höhlung an, die nicht bis unter die Oberfläche des umgebenden Wassers herabreicht, so bleibt diese ganz leer.

Endlich ist noch in neuerer Zeit, namentlich in Folge mancher auffallenden Erscheinungen an Artesischen Brunnen, die Vermuthung ausgesprochen, dafs im Innern der Erde grofse Wassermassen durch darüber liegende undurchdringliche, aber doch flexible Schichten einem starken Drucke ausgesetzt sind, in Folge dessen die Quellen bis zur Oberfläche und selbst darüber hinaus ansteigen. Abgesehn von

der vorausgesetzten eigenthümlichen und höchst unwahrscheinlichen Beschaffenheit solcher Schichten widerlegt sich diese Hypothese dadurch, dafs die Quellen in solchem Falle nach und nach immer schwächer werden und endlich ganz versiegen müfsten. Wenn aber hin und wieder bemerkt worden, dafs bei Artesischen Brunnen das Wasser im ersten Momente höher aufspritzt, als später, so erklärt sich dieses leicht aus dem gröfseren Drucke, dem das stehende Wasser ausgesetzt ist, und der sich vermindert, sobald ein Ausfluſs eröffnet wird. Diese letzte Erscheinung kann aber ebensowol durch den hydrostatischen Druck, wie durch den einer auf dem Wasser ruhenden Erdmasse veranlafst werden.

Die Bildung der gewöhnlichen Quellen erklärt sich in der einfachsten Weise dadurch, dafs der atmosphärische Niederschlag in den Erdboden eindringt, und dem Gesetze der Schwere folgend sich abwärts bewegt, so lange er leere Räume findet, die er anfüllen kann. Wird seine Bewegung aber entweder durch eine wasserdichte Schicht oder dadurch unterbrochen, dafs die feinen Zwischenräume der lockern Erd- oder Sandschicht bereits vollständig gefüllt sind, so fliefst er seitwärts ab, indem er stets demjenigen Wege folgt, der ihn am meisten abwärts führt. Doch auch hier würde die Bewegung durch die vollständige Füllung der Räume bald unterbrochen werden, wenn nicht irgendwo ein Ausfluſs sich eröffnete, und zwar an einer Stelle die tiefer liegt, als diejenige, in der das Wasser sich angesammelt hat. Auf solche Art tritt das Wasser durch Sand- und Kiesschichten oder auch wohl durch klüftiges Gestein meist an dem Fufse einer Anhöhe als Quell wieder hervor, und bei dem langen Aufenthalte im Erdboden nimmt es die Temperatur desselben an.

Da die wasserleitenden so wie die undurchdringlichen Erdschichten im aufgeschwemmten Boden sich ganz zufällig und sonach höchst unregelmäfsig abgelagert haben, so kann es nicht fehlen, dafs die unterirdischen Wasserläufe zuweilen in eigenthümlicher Weise sich bilden, also vielleicht bis zu grofser Tiefe herabsinken und alsdann wieder ansteigen, indem sie ringsumher bis zur Ausmündung von undurchdringlichen Schichten eingeschlossen werden. So wurde auf der sehr niedrigen Insel zwischen beiden Pregel-Armen in Königsberg vor etwa 30 Jahren ein Artesischer Brunnen ausgeführt, der zwar nur eine sehr kleine Quantität Wasser lieferte, die jedoch einige Fufs hoch über dem Erdboden ausfloſs. Dieses Wasser mufste unbedingt

von einer Anhöhe, also wahrscheinlich von dem nicht weit entfernten nördlichen Pregelufer zufliefsen, aber es mufste auf diesem Wege den Stromarm passiren, der 20 Fufs tief ist, und zwar ohne mit demselben in Verbindung zu stehn, weil es sich sonst wegen des geringeren Gegendruckes in ihn ergossen hätte.

Auffallender ist noch das Phänomen, welches Poussin erwähnt, dafs nämlich vor der Mündung des Missisippi Salzquellen in der Höhe von 7½ Fufs über dem mittleren Stande der See, also noch einige Fufs über dem Hochwasser, austreten. Mehrfach findet man auch sonst am Seestrande, und zwar vor flachen Ufern, Brunnen die süfses Wasser enthalten, also mit der See nicht in Verbindung stehn, vielmehr nur durch die unterirdischen Zuflüsse aus den Dünen gespeist werden.

Die verschiedenen Erdschichten, welche theils das Wasser zurückhalten, theils dasselbe aufnehmen und zugleich eine mehr oder minder gehemmte Durchströmung gestatten, verdienen noch eine eingehende Betrachtung. Die Gartenerde, im gewöhnlichen compacten Zustande, wie sie in Folge der vegetabilischen Zersetzungen einen grofsen Theil der Oberfläche bedeckt, befeuchtet sich zwar durch den darauf fallenden Regen, doch dringt derselbe, wie schon Seneca bemerkte, nur bis zu sehr geringer Tiefe in sie ein. De la Hire überzeugte sich durch verschiedene Messungen, dafs selbst ein lange anhaltender Regen nie tiefer, als etwa 1 Fufs, eindringt. Hiernach scheint der atmosphärische Niederschlag, der eine starke Lage dieser Erde trifft, nicht unmittelbar zur Quellenbildung beitragen zu können, sondern soweit er nicht eingesogen wird, über der Oberfläche abzufliefsen, wobei er freilich beim Begegnen von Sandschichten später in diese eindringen kann. Es mufs aber gleich erwähnt werden, dafs vielfach die Quellen, welche man in der Tiefe von mehreren hundert Fufs angetroffen hat, nach starkem Regen oder nach dem Schmelzen des Schnees kräftiger werden, als sie sonst sind. Namentlich beim Bergbau ist diese Erfahrung oft gemacht worden. So bemerkt man in den Gruben von Cornwallis, dafs wenige Stunden nach einem starken Regen die Grubenwasser zunehmen. Dasselbe hat man auch in den Kohlenzechen an der Ruhr wahrgenommen. Es ergiebt sich hieraus augenscheinlich, dafs selbst solche tiefliegende Quellen dem Regen ihren Ursprung verdanken.

Auf welche Art das Wasser in den Boden eindringt und an

den tiefern Stellen der Erdoberfläche wieder zum Vorschein kommt, kann bei kiesigem und sandigem Grunde nicht zweifelhaft sein. Jenachdem die Zwischenräume, die sich darin vorfinden, gröfser oder kleiner sind, und jenachdem der Weg kürzer oder länger ist, so erfolgt das Durchdringen auch mit gröfserer oder minderer Schnelligkeit. Füllt man eine oben und unten offene Glasröhre, die auf eine Metallplatte gestellt ist, mit Sand und gieſst Wasser hinein, so wird letzteres schnell in den Sand eingezogen, und man bemerkt, daſs der Sand durchnäſst wird. War die Wassermenge nicht hinreichend, um allen Sand bis zum untern Ende der Röhre zu benetzen, so erfolgt keine Bewegung des Wassers, dasselbe wird vielmehr durch die Capillar-Attraction so fest im Sande gehalten, daſs die Wirkung der Schwere sich nicht zu erkennen giebt. Die vollständige Benetzung des Sandes erfolgt, wenn $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ von dem Volum des Sandes an Wasser zugegossen sind. Ein stärkerer Zusatz kann weder aufgenommen noch gehalten werden, die Capillar-Attraction setzt seiner Bewegung auch kein weiteres Hinderniſs entgegen, und erlaubt den einzelnen Wassertheilchen, der Wirkung der Schwere zu folgen, so lange andere an deren Stelle treten, und nur die letzten hält sie mit ihrer ganzen Kraft zurück. So geschieht es, daſs das Wasser, welches in den erwähnten Apparat nach der vollständigen Benetzung des Sandes noch zugegossen wird, aus der untern Oeffnung der Röhre hervorquillt. Wenn man aber umgekehrt das Wasser von unten in die mit trocknem Sande gefüllte Röhre eindringen läſst, so wird der Sand bis zu einer gewissen Höhe benetzt, aber weiter zieht sich kein Wasser hinein, weil die Capillar-Attraction nur bis zu einer bestimmten Grenze wirksam bleibt und eine andere Kraft nicht vorhanden ist, um das Wasser noch höher steigen zu lassen. Auf solche Art stellen sich zwei verschiedene Wasserspiegel, die durch zwischenliegende Sand- oder Kiesmassen von einander getrennt sind, nach und nach in gleiches Niveau. Hierauf beruht die Ansammlung des Wassers im Kessel des Venetianischen Brunnens, und ebendaher ist es auch so schwierig, im Sandboden einen Wasserstand zu halten, der höher oder niedriger als der des Grundwassers ist. Liegt letzteres bedeutend unter der Oberfläche des Erdbodens, so ist die Ableitung des Tagewassers nach einer niedrigeren Gegend überflüssig, indem selbiges sich schon in den Boden einzieht und verschwindet. Dieses eindringende Wasser ist jedoch selten

rein, gewöhnlich schweben darin feine Thon- und Humustheil-
, die es mehr oder weniger trüben. Diese Theilchen dringen
ıfalls in die Zwischenräume zwischen den Sandkörnchen, aber
finden sie den Weg so verengt, dafs sie stecken bleiben. Sie
den sich alsdann vom Wasser aus, oder dieses wird filtrirt
erscheint in dem Quell, den es speist, vollkommen klar. Die
chenräume in derjenigen Sandschicht, in welche das trübe Was-
ɪunächst eintritt, verstopfen sich indessen nach und nach, und
Boden verliert dadurch die Fähigkeit das Wasser aufzunehmen,
ı auch das Grundwasser viel tiefer liegt. Um ein niedriges
ain, das in dieser Weise versumpft ist, wieder trocken zu legen,
ı man die dünne undurchdringliche Schicht durchstechen und
r an der tiefsten Stelle, wo die Ansammlung des Wassers vor-
ɪweise erfolgt. Solche Gruben, die zuweilen ihren Zweck sehr
iedigend erfüllen, nennt man Schling- oder Senkgruben.
pflegen indessen sich bald zu verstopfen und werden alsdann
rauchbar, man kann ihre Dauer jedoch sichern, wenn man sie
ı Zeit zu Zeit nicht nur aufgräbt, (wodurch sie immer tiefer wer-
ı würden, bis man sie endlich verlassen müfste) sondern dafs man
h dem jedesmaligen Ausheben der verunreinigten Sandschicht
e eben so starke Lage reinen Sandes hineinbringt. Die an den
trir-Apparaten gemachten Erfahrungen zeigen nämlich, dafs die
ıen Erdtheilchen nur wenig Zolle tief in den Sand einzudringen
ɜgen.

Die mächtigen Ablagerungen des aufgeschwemmten Bodens,
lche den gröfsten Theil der Erdoberfläche bedecken, sind entwe-
· Niederschlag des stehenden, oder doch nur wenig bewegten Was-
s, welches die darin schwebenden Thontheilchen fallen liefs, und
llen alsdann eine für das Wasser mehr oder weniger undurch-
ingliche Schicht dar, oder sie bestehn aus Geschieben, Kies und
ıd, die sich im Bette eines mehr oder weniger heftigen Stromes
ɜelagert haben. Im letzten Falle bildet sich eine wasserleitende
ıicht, und dieses geschieht auch, wenn anhaltender Wellenschlag
e frühere Ablagerung traf und alle feinen Erdtheilchen auswusch.
ɜ Verhältnisse bleiben aber keineswegs immer unverändert. Die
ıgestaltung des Bodens wird Veranlassung, dafs wasserleitende
ıichten von undurchdringlichen überdeckt werden und umgekehrt,
ɜ dieses in Flufsthälern, worin die Ufer nicht vollständig gesichert

sind, auch noch geschieht. Auf diese Art ist eine mannigfache Abwechselung der beiden Gattungen von Schichten entstanden, und in Rücksicht auf die Quellen bildet sich eine noch gröfsere Verschiedenheit dadurch, dafs diese Schichten nicht immer horizontal liegen und oft scharf abgeschnittene Grenzen haben.

Eine wasserleitende Schicht, welche an ihrem obern Ende das Regenwasser aufnimmt, bildet einen natürlichen Quell, wenn sie am untern Ende wieder die Erdoberfläche trifft, erreicht sie jedoch nicht die Erdoberfläche, und bleibt sie des Wasserdruckes ungeachtet mit einer undurchdringlichen Schicht bedeckt, so wird diese, wenn sich auch kein eigentlicher Quell darin bildet, doch immer feucht und deshalb häufig unfähig zur Cultur sein. In solchem Falle befand sich die kleine Besitzung Princetorp in Warwick, wo Elckingston den ersten Versuch zur Trockenlegung der Felder machte, und wo er seine Wirksamkeit begann, die bald darauf weit und breit in Anspruch genommen und später auf Veranlassung der Gesellschaft zur Beförderung des Ackerbaues durch Johnston beobachtet und bekannt gemacht wurde. Der thonige Untergrund war dort beständig vom Wasser durchzogen, und die Gräben, die man anlegte, verfehlten ihren Zweck, indem kein Wasser hineinfloſs. Elckingston hatte als letzten Versuch noch einen sehr tiefen Graben ausheben lassen, der aber, gleich den früheren, sich nicht mit Wasser füllte. Als er jedoch absichtslos seinen Stock in die Sohle des Grabens tief hineinstiefs, erreichte er zufällig die wasserleitende Kiesschicht, und ein starker Quell sprudelte mit Heftigkeit hervor, worauf das Feld trocken wurde.

Erreicht man durch Graben oder Bohren solche Schichten, so füllen sich die Brunnen mit Wasser an, und wenn die Höhenlage es gestattet, so fliefsen diese Brunnen über. Auch diejenigen Kiesschichten, denen ein natürlicher Abfluſs nicht ganz fehlt, sind zur Speisung von Brunnen geeignet, und können sogar fliefsende Brunnen bilden, wenn das Wasser auf dem neuen künstlichen Wege leichter entweicht, als durch den früheren natürlichen Abfluſs.

Manche Kiesschichten haben am obern Ende keinen natürlichen Zufluſs, während sie unten geöffnet sind. Wenn in solche zufälligerweise Wasser eindringt, so werden sie dieses leicht aufnehmen und abführen. Dasselbe geschieht auch in andern Schichten, wenn die Capacität des Abflusses gröfser ist, als die zugeführte Wassermenge.

Dieses sind die absorbirenden Schichten, die sehr geeignet sind, einen Zweck zu erfüllen, welcher dem der gewöhnlichen Brunnen gerade entgegengesetzt ist. Bei den Entwässerungsanlagen, die Elckingston ausführte, benutzte er zuweilen auch solche absorbirende Schichten, und stürzte das Wasser unmittelbar aus der Kiesschicht, die es zuführte, durch ein Bohrloch in eine darunter befindliche absorbirende Schicht. Auch bei Brunnenanlagen zeigen sich häufig Schichten der letzten Art. Auf dem hohen Ufer der Samländischen Küste in Ost-Preufsen, nahe an der See, besteht unter andern ein achtzig Fufs tiefer Brunnen, der zwar immer Wasser enthielt, aber im Gebrauche unbequem war. Man glaubte, durch weitere Vertiefung reichhaltigere Quellen zu eröffnen und den Wasserspiegel zu heben, doch war der Erfolg gerade ein entgegengesetzter, man traf auf eine absorbirende Schicht, und der Brunnen versiegte ganz. Aehnliche Beispiele ereignen sich nicht selten, wo dergleichen abwechselnde Schichten vorkommen.

Bisher ist nur von wasserleitenden und undurchdringlichen Schichten die Rede gewesen, doch giebt es aufserdem noch vielfache Abstufungen zwischen beiden. Zu diesen gehört auch der feine Sand, der wegen der Art, wie er das Wasser ausfliefsen läfst, eine besondere Erwähnung verdient. Er kann bei seiner Ablagerung verschiedene Grade von Dichtigkeit annehmen. Wird die Schüttung mit grofser Vorsicht und recht leise ausgeführt, so dafs die einzelnen Körnchen sich möglichst sanft niederlegen, so lassen sie gröfsere leere Räume zwischen sich, die auch später durch blofsen Druck nicht zu beseitigen sind, weil der reine Sand nicht comprimirbar ist. Wenn dagegen eine Erschütterung erfolgt, so lagern sich die einzelnen Körnchen dichter, wobei ein starkes Setzen eintritt. Dieses Setzen erreicht bei ganz trockenem Sande niemals die äufserste Grenze. Träufelt man nämlich Wasser darauf, so vermindert sich noch merklich der cubische Inhalt. Dagegen kann man bei starker Benetzung und durch heftiges Umrühren auch wieder den allerlockersten Zustand der Schüttung darstellen und die Körnchen so übereinander legen, dafs sie sich gegenseitig eben nur stützen und bei dem leisesten Stofse zusammen fallen. Ich nahm rein ausgewaschenen trockenen Seesand und schüttete ihn durch einen Trichter vorsichtig in ein cylindrisches Gefäfs von 1¼ Quadratzoll Grundfläche. Die Höhe der Schüttung betrug 6,92 Zoll. Darauf stampfte ich den

Sand durch wiederholtes Einstofsen eines Drahtes so lange, bis der Draht endlich den Sand nicht mehr durchdringen konnte. Jetzt betrug die Höhe nur noch 6,37 Zoll. Die Dichtigkeit hatte also ungefähr um $\frac{1}{17}$ zugenommen. Durch vorsichtiges Hinzutröpfeln von Wasser, wobei die Luft aus den Zwischenräumen des Sandes vollständig entwich, konnte ich eine Quantität Wasser, die einer Höhe des Cylinders von 2,16 Zoll entsprach, hineinbringen, und indem ich den Sand von Neuem stampfte, betrug seine Höhe nur noch 6,17 Zoll. Das Volum hatte also wieder um $\frac{1}{36}$ abgenommen. Ein fernerer Zusatz von Wasser sammelte sich an der Oberfläche, doch zog er sich beim Umrühren wieder in die dadurch entstehenden Zwischenräume ein, und es war auf solche Art sogar möglich, im Ganzen 3 Cubikzoll Wasser in den Sand zu bringen. Die Höhe des Gemenges betrug alsdann 7,42 Zoll, woher eine gewisse Quantität Luft durch das Umrühren hineingekommen sein mufste.

Die Festigkeit, sowie die Eigenschaft, das Wasser durchzulassen, sind bei diesen verschiedenen Arten der Ablagerung des Sandes sehr verschieden. Compact geschüttet und benetzt widersteht der Sand einem starken Drucke, während die letzterwähnte lose Schüttung dem geringsten Eindrucke nachgiebt. Beide Erscheinungen zeigen sich häufig sehr auffallend an sandigen Meeresufern. Ein niedriger Seestrand, der bei vorhergehenden Stürmen von starkem Wellenschlage getroffen wurde, und noch nicht austrocknete, zeigt eine Festigkeit, die man sonst nur auf chaussirten Wegen findet. Die Wagenräder rollen darüber, ohne eine Spur zu hinterlassen, und kaum erkennt man die Stellen, wo der Pferdehuf aufschlug. Wenn dagegen durch das Steigen des Grundwassers, wie etwa beim Anschwellen der See, aus niedrigen Sandflächen das Wasser aufquillt, alsdann bildet sich jener gefährliche und leicht bewegliche Boden, der unter dem Namen des Triebsandes bekannt ist, worin zuweilen Reisende und noch häufiger Pferde und Vieh verunglücken. Am interessantesten ist die Erscheinung des Triebsandes, wenn derselbe schon vor einigen Wochen sich gebildet hat und das Wasser von seiner Oberseite verschwunden ist, so dafs diese wieder trocken liegt. Man erkennt solche Stelle an ihrer vollkommen horizontalen Lage und an der Abwesenheit jeder Vegetation. Betritt man sie, so fühlt man ein sanftes Schwanken des Bodens, das bei heftigem Auftreten und Springen aber so bedeutend wird, dafs Flächen von

tigen Unterstützung und theils auf der Reibung der einzelnen Körnchen. Bei einer geringen Benetzung tritt die Wirkung der Capillar-Attraction noch hinzu, welche den gegenseitigen Druck und somit die Reibung vermehrt. Wird aber das Wasser so reichlich zugesetzt, dafs die Capillar-Attraction aufhört, wie dieses geschieht, wenn man trocknen Sand in ein mit Wasser gefülltes Gefäfs schüttet, wobei augenscheinlich ein Körnchen nicht mehr an dem andern haftet, so ist die Reibung geringer, als sie bei der trocknen Schüttung war, indem das Wasser sogar wie eine Schmiere wirkt. Diese Verminderung der Reibung beim Zutritt des Wassers bemerkt man sehr deutlich, wenn man die stärksten Böschungen mifst, die trockner Sand und Sandschüttungen unter Wasser annehmen. Für jenen reinen Seesand fand ich im trocknen Zustande die stärkste Neigung gegen den Horizont gleich $35\frac{1}{2}$ Grade, während er unter Wasser sich nicht steiler, als auf 29 Grade stellen liefs.

Endlich wird der Triebsand auch noch erzeugt, wenn Sandmassen in stehendes Wasser geweht, oder durch Bäche hineingespült werden. Die drei verschiedenen Ursachen, die ich angeführt habe, scheinen indessen noch nicht zu genügen, um die Auflockerung des Sandes bis zu der Tiefe zu erklären, in welcher der Triebsand zuweilen vorkommt, und man mufs wohl die Voraussetzung machen, dafs an manchen Stellen der Sand seine lockere Beschaffenheit seit seiner ersten Ablagerung beibehalten hat. Dieses ist derjenige Triebsand, den man bei allen Bauten mit Recht fürchten mufs, und man wird ihn erkennen, wenn Pfähle mit Leichtigkeit hineindringen, ohne dafs eine Senkung des Wassers in der Baugrube vorgenommen ist, dagegen verwandelt sich auch die festeste Ablagerung in Triebsand, sobald man durch Senkung des Grundwassers die Quellen gewaltsam in der Richtung von unten nach oben hindurchtreibt. Ein fortgesetztes Pumpen kann daher sehr nachtheilige Folgen haben, und einen an sich guten Baugrund vollständig verderben. Man mufs daher im sandigen Boden mit der Anwendung von Schöpfmaschinen äufserst behutsam sein, und keine starke Senkung des Grundwassers längere Zeit hindurch erzwingen wollen. Das Anwachsen der Quellen und eine sehr bemerkbare zunehmende Unzulänglichkeit der Pumpen pflegt in solchem Falle auch gewöhnlich zu zeigen, dafs die Quellen immer mehr den Grund verschlechtern.

Aehnliche Verhältnisse, wie in dem aufgeschwemmten Boden,

n sich auch in den Gebirgsformationen, und die Bildung Quellen ist hier zuweilen noch viel auffallender, insofern einige rgsarten dem Wasser einen weit leichteren Durchfluſs gestatten, Kiesablagerungen. Namentlich ist dieses bei manchen Sandstein- und besonders beim klüftigen Kalk der Fall. In letzterem bil- nicht nur die ursprünglichen Spalten ein zusammenhängendes : von offenen Fugen, sondern diese werden auch fortdauernd :h das hindurchfließende Wasser erweitert, und so entstehn voll- ıdige Wasserleitungen und sogar weit ausgedehnte unterirdische h- und Fluſsbetten. Die weiten Höhlen, die man mitunter auf ıdenlange Entfernungen verfolgt hat, gehören wenigstens theilweise rher. Einige derselben werden noch durch starke Bäche durch- ɔmt, wie die Höhle im Thale des Caripe in Peru und manche hlen im Adelsberge in Illyrien. Bei andern sind freilich die ffnungen nicht so groſs, daſs man sie verfolgen könnte, aber den- :h zeigt sich hin und wieder die Erscheinung, daſs auch gröſsere ɔrper mit dem Wasser aus dem Boden treten, woraus sich ergiebt, ſs der unterirdische Lauf ohne Unterbrechung eine entsprechende eite haben muſs. So kamen aus dem Bohrloche bei Tours Saamen n Sumpfpflanzen, Dornenzweige von etwa 1 Zoll Länge, Stücke urzeln, kleine Muscheln und dergleichen aus einer Tiefe von 350 ıſs herauf. Durch andere Brunnen sind lebende Fische ausge- ɔrfen, auch hat man beim Abbohren Artesischer Brunnen häufig merkt, daſs plötzlich das Gestänge des Bohrers herabsank. Zu ɔntainebleau geschah dieses bis auf 24 Fuſs, oder die Höhle, die ın anbohrte, hatte diese Höhe, und hier, wie in andern Fällen, merkte man ein fortgesetztes Schwingen des Gestänges, welches :h nur dadurch erklären läſst, daſs das untere Ende desselben in ıen heftigen Strom eintauchte.

Das Vorhandensein solcher Ströme giebt sich aber auch sehr utlich durch die groſsen Wassermassen zu erkennen, die in man- en Fällen theils vom Boden verschluckt werden und theils aus mselben wieder hervorbrechen. Ein Beispiel hiervon war schon ı frühesten Alterthume bekannt. Der Kephissos in Böotien ergieſst :h in den Kopaïschen See, ohne daſs letzterer einen offenen Ab- ıſs hat, nichts desto weniger schwillt der See keineswegs fortwäh- nd an, sondern im Gegentheil verschwindet er im Sommer beinahe ınz, und es zeigen sich alsdann in dem Boden, der zur Kalkfor-

mation gehört, fünf Abzugsöffnungen, die zum Theil so geräumig sind, dafs man hineingehn kann. Aus eben so vielen Ausflufsmündungen kommt das verschluckte Wasser wieder zum Vorschein, vier derselben liegen östlich in der Entfernung von 3 bis 4 Meilen am Ufer der Meerenge von Negropont, eine fünfte befindet sich in der Nähe des Kopaïschen Sees, und der Flufs, der daselbst entspringt, führt wieder den Namen Kephissos. Diese natürlichen Abzüge verhindern indessen nicht vollständig die höheren Anschwellungen des Sees, und so hat man schon in der frühesten Zeit zwei künstliche Entwässerungsstollen angelegt, die jedoch gegenwärtig verschüttet sind. Auch der See Phonia in Morea hat keinen offenen Abflufs. Je nachdem der unterirdische Abzugsgraben geöffnet ist, oder nicht, wechselt auch der Spiegel des Sees, und zwar in solchem Maafse, dafs er in neuerer Zeit 300 Fufs höher stand, als früher *).

Besonders gehört hierher der Zirknitzer See in Illyrien, dessen plötzliches Anschwellen und gänzliches Versiegen schon lange ein Gegenstand der Aufmerksamkeit der Physiker gewesen ist. Er liegt in einem rings umschlossenen Bergkessel der Krainer Alpen, ungefähr zwei Meilen östlich von der Kuppe dieses Gebirges, die unter dem Namen des Schneeberges bekannt ist. Seine Ausdehnung wird verschieden angegeben, und ist ohne Zweifel von dem jedesmaligen Zustande der Ausflufs-Oeffnungen abhängig, sie scheint 1¼ bis 2 Quadratmeilen zu betragen. Das Bette und die Ufer des Sees bestehn aus Kalkfelsen, worüber ein starker Niederschlag aus Thon und vegetabilischer Erde sich gebildet hat. An manchen Stellen ist jedoch der Kalkboden entblöfst, und man bemerkt darin eine grofse Anzahl von kleinen Oeffnungen. Auch befinden sich am Umfange des Sees eine Menge Höhlen, in welche man zum Theil bis 100 Fufs herabsteigen kann. Alle diese Oeffnungen treten beim Anwachsen und beim Versiegen des Sees in Thätigkeit. Ihre Anzahl, oder vielmehr die Zahl der Hauptgruppen beträgt zwischen 40 und 50. Einige derselben werfen Wasser aus, andere saugen es ein, und die meisten üben in verschiedenen Zeiten beide Functionen aus. Im Allgemeinen werfen die Oeffnungen an der östlichen Seite vorzugsweise das Wasser aus, und die an der westlichen verschlucken es. Bei trockner Jahreszeit fliefsen auch ungefähr in dieser Richtung

*) Poggendorff's Annalen der Physik. Band 38, Heft 2.

mühle benutzt wird. Die vielen Grotten und Felsbrücken im Adelsberge verdanken diesen Strömungen gleichfalls ihre Entstehung, und ebenso werden dadurch auch die Flüsse gespeist, die in das Adriatische Meer ihren grofsen Wasserreichthum ausgiefsen. Es scheint indessen, dafs ein Theil der Wassermenge des Zirknitzer Sees auch nach dem Norden fliefst, denn die Laibach und andere Zuflüsse der Sau bilden sich aus sehr ergiebigen Quellen, die aus dem Kalkboden hervortreten. *)

Die Orbe, welche am Fufse des Jura im Waadtlande entspringt, durchströmt den gröfseren Lac de Joux und dicht unterhalb desselben den kleinern See gleiches Namens. Sobald sie aus diesem heraustritt, verschwindet sie vor einem Kalkfelsen und erscheint etwa eine halbe Stunde davon am Fufse einer nakten Felswand wieder. Die Oeffnungen, aus welchen sie hier hervorbricht, liegen 680 Fufs unter dem Spiegel jenes Sees. Der Zusammenhang beider Flüsse war schon früher nicht zweifelhaft, doch gab er sich im Jahre 1776 auf eine sehr augenfällige Weise zu erkennen. Die Abzugsöffnungen hatten sich nämlich damals stark verstopft, so dafs der kleinere See zum Nachtheil der umliegenden Ländereien bedeutend anschwoll. Um diesen Uebelstand zu beseitigen und um eine gründliche Reinigung der Schlinggruben vorzunehmen, durchdämmte man die Orbe zwischen beiden Seen. Der gröfsere See schwoll darauf stark an, durchbrach den Damm und stürzte sich mit Heftigkeit in den kleineren. Bei dieser Gelegenheit wurde das Wasser der unterhalb entspringenden Orbe, welches sonst immer klar ist, stark getrübt. **)

Manche Fälle dieser Art kommen auch im nördlichen Deutschland vor, so entspringt unmittelbar in dem Weserufer, Dölme gegenüber, in dem Kohlenkalksteine ein so kräftiger Bach, dafs derselbe sogleich eine Mühle, die Steinmühle, treibt. Die Oeffnung des Felsens, aus welcher er hervorbricht, ist unmittelbar neben dem Mühlrade.

Besonders verdienen die Quellen der Lippe und Pader in der Umgegend von Paderborn Erwähnung. Die folgenden Angaben über die Reichhaltigkeit beziehn sich auf Messungen, die ich im Sommer 1839 zu einer Zeit anstellte, als es zwar einige Tage hindurch stark

*) T. Gruber's Briefe hydrographischen und physikalischen Inhalts aus Krain. Wien 1781.

**) Poggendorff's Annalen. Band XVI. S. 595.

gregnet hatte, jedoch die Wasserstände in den Flüssen und Bächen nur einem mittleren Sommerwasserstande entsprachen. Die Pader, die bei Neuhaus in die Lippe fällt, entspringt am Fuſse der Anhöhe in Paderborn, worauf der Dom steht. Die Straſsen in dem untern Theile der Stadt werden etwa 6 Zoll hoch von dem Wasser bedeckt, welches an beiden Seiten unter den erhöhten Trottoirs und unter den Häusern hervorbricht. Auf einem Flächenraume von 50 bis 60 Ruthen Länge und 40 Ruthen Breite sammelt sich eine Wassermasse, welche im Stande ist, zehn unterschlächtige neben einander liegende Mühlräder zu treiben. Die Anzahl aller Wasserräder in Paderborn ist noch gröſser, doch führe ich diejenigen nicht mit auf, welche vor oder hinter der Hauptreihe von Mühlen liegen. Das vorbrechende Wasser ist sehr klar und rein und von angenehmem Geschmack, nur nach heftigem Regen werden einige Quellen getrübt. Groſse Anschwellungen ereignen sich nie und ebenso wenig nehmen die Quellen auch nie stark ab. Der ganze Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstande scheint nur etwa 1 Fuſs zu betragen. An der Neuen Brücke, dicht vor der Stadt, sind alle Quellen vereinigt, ich fand daselbst die Wassermenge gleich 220 Cubikfuſs in der Secunde. Der auf den Charten angegebene kleine Bach, die Raute, hat sich hier noch nicht mit der Pader vereinigt, seine Wassermenge war auch höchst unbedeutend und betrug kaum 1 Cubikfuſs in der Secunde. Die erwähnten 220 Cubikfuſs sind sonach die Wassermenge, die auf einem Flächenraume von kaum 16 Morgen hervorbricht.

Noch interessanter, wenn gleich minder reichhaltig, ist die Quelle der Lippe bei Lippspringe. Neben dem Städtchen dieses Namens erhebt sich ein Plateau etwa 30 Fuſs über den Wiesengrund, das sich nach dem westlichen Abhange des Teutoburger Waldes hinzieht, und dem Anscheine nach ziemlich horizontal liegt, sogar durch eine merkliche Vertiefung noch von der Anhöhe getrennt wird. Diese erhöhte Ebene fällt neben Lippspringe steil ab, und an ihrem Rande liegt die Ruine der alten Tempelburg. Unmittelbar davor befindet sich ein Weiher, der keinen sichtbaren Zufluſs hat. Er ist auf der Seite nach der Wiese durch einen niedrigen Erddamm begrenzt. Seine Länge beträgt etwa 25 Ruthen und seine Breite kaum 5 Ruthen. In der Mitte scheint seine Tiefe sehr bedeutend zu sein, und hier treten die unterirdischen Zuflüsse hinein, welche sich theils durch

die Luftblasen und theils auch dadurch zu erkennen geben, dafs an der südlichen Seite alle Wasserpflanzen von der starken Strömung niedergelegt werden, während sie auf der nördlichen Seite aufrecht stehn. Am südlichen Ende, wo der Weiher in einen Graben mündet, liegt eine Mühle, die drei unterschlächtige Räder und ein Freigerinne hat. Durch letzteres und durch das eine Mahlgerinne fliessen in der Secunde 27 Cubikfufs ab.

Am Fufse desselben Plateau's, etwa 100 Ruthen davon entfernt in nordöstlicher Richtung, entspringt ein anderer Zufluſs der Lippe, der Jordan, der der Sage nach seinen Namen erhalten, als Carl der Grofse die Sachsen darin taufen liefs. Unter dem üppig bewachsenen ziemlich steilen Ufer trat früher aus einem natürlichen Gewölbe von etwa 1½ Fufs Weite der eine Quell hervor und bildete ein tiefes Bassin im Wiesengrunde. Aus dem Boden dieses Bassins sprudelte der zweite Quell auf, und zwar mit solcher Heftigkeit, dafs er an der Oberfläche einen Wasserberg von 3 bis 6 Zoll Höhe bildete, der abwechselnd mit lautem Rauschen stieg und niederfiel. Gegenwärtig existirt diese schöne Quellenbildung nicht mehr. Bei Anlage der Promenaden wurde sie zerstört. Von der Fufsbrücke aus, die etwa 100 Ruthen unterhalb beider Quellen liegt, maafs ich die Wassermenge des Jordan gleich 19 Cubikfufs in der Secunde.

Fragt man, wo diese grofsen Wassermengen herkommen, so giebt die Umgegend von Paderborn hierüber genügenden Aufschluſs. Die kleinen Bäche, die man sowol auf der Strafse nach Gesecke, als nach Lichtenau kreuzt, versiegen im Sommer vollständig, sie führen selbst nach heftigem Regen auch nicht einen Tropfen der Lippe zu, nur bei anhaltend nasser Witterung sammelt sich in ihnen Wasser an. Der in allen Richtungen mit Spalten und Klüften durchzogene Mergelboden im Süden von Paderborn nimmt alles Regenwasser in sich auf, und führt es in unterirdischen Gängen der Lippe und Pader zu. Auf dem Wege nach Lichtenau trifft man zunächst im Haxtergrunde ein Bachbette, welches im Sommer so trocken bleibt, dafs auf der westlichen Seite der Chaussee zwischen den Ackerflächen gar kein Raum für den Abfluſs des Wassers frei gelassen und das Thal in seiner ganzen Breite bestellt wird. Der zweite Bach, den man hier findet, ist die Sauer, die auf der Egge bei Kleinenberg in der Entfernung von 2 Meilen ihre Quellen hat, und deren Bette neben der Chaussee in den Sommermonaten wieder ganz trocken ist.

Verfolgt man dasselbe aber aufwärts, so findet man etwa 300 Ruthen weiter, am untern Ende des Dorfes Grundsteinheim, schon Wasser in dem Bache. Hier ergofs sich etwa ein halber Cubikfufs in der Secunde in eine flache Grube im Kalkboden und verschwand daselbst. Die Wassermenge, die am obern Ende des Dorfes zufliefst, war aber schon viel bedeutender, und weiter aufwärts bei Lichtenau trieb zu derselben Zeit eben dieser Bach einen Mahlgang der dortigen Mühle.

Das Verschwinden dieses sehr bedeutenden Baches wird offenbar noch durch die auffallende Verlängerung seines Laufes befördert. Er entspringt auf der Egge bei Kleinenberg und fliefst etwa zwei Meilen bis Iggenhausen vor Grundsteinheim in nördlicher Richtung, hier ist jedoch das Thal auf der Nordseite geschlossen, und das Bachbette zieht sich ganz dem früheren Laufe entgegen $1\frac{1}{2}$ Meile weit südwestlich fort, bis es bei Atteln in die Altenau fällt, die sich später in die Alme ergiefst. Der unterirdische Lauf ist also wahrscheinlich um drei Meilen kürzer, als das Bachbette.

Von dem Vorhandensein der unterirdischen Wasserläufe in den Umgebungen von Paderborn geben auch die Erdfälle einen sichern Beweis, und namentlich ereignen sich solche nicht selten westlich von Paderborn. Man sah früher neben der Strafse nach Driburg mehrere derselben, die zum Theil eingefriedigt werden mufsten, um zu verhindern, dafs nicht Vieh herabstürzen möchte. Auch in den nahen Steinbrüchen findet man häufig röhrenförmige Canäle, die ohne Zweifel in früherer Zeit vom unterirdischen Wasser durchströmt und dabei nach und nach ziemlich regelmäfsig erweitert wurden.

Aehnliche Verhältnisse kommen selbst bei gröfseren Flüssen vor. Die Drome in der Normandie verschwindet bald nach ihrem Entstehn in einer weiten Wiese und kommt später als starker Bach wieder hervor. Dasselbe geschieht mit der Maafs bei Bazailles ohnfern Beaumont. Die Guadiana verliert sich in der Provinz La Mancha, nachdem sie schon 8 Meilen weit geflossen ist, und kommt erst 4 Meilen unterhalb wieder zum Vorschein. Sehr auffallend sind auch die Stromstrecken des Santa Fé und anderer kleinerer Flüsse im nördlichen Florida, wo wieder ein Kalkgebirge die Wassermassen verschluckt und meilenweit unterirdisch abführt.

Dafs manche von diesen Wasserläufen an der Oberfläche der Erde gar nicht wieder erscheinen, sondern unmittelbar dem Meere

zugeführt werden, darf nicht befremden, und es erklärt sich daraus die auffallende Erscheinung, daſs hin und wieder im Ocean süſses Wasser angetroffen wird, ohne daſs ein sichtbarer Strom in der Nähe mündet. So brechen im Meerbusen von Xagua, auf der Südseite von Cuba, in der Entfernung von 2 bis 3 Seemeilen von der Küste, Quellen süſsen Wassers hervor, und Buchanan fand im Indischen Meere sogar in einer Entfernung von 100 Seemeilen von der Küste von Chittagong süſses Wasser, welches vermöge des geringeren specifischen Gewichts auf die Oberfläche des Meeres trat. Ebenso bricht bei Astros in dem Meerbusen von Nauplia in der Entfernung von etwa 1000 Fuſs ein starker Strom hervor, woselbst das Aufwirbeln und Auftreiben des Sandes bei ruhigem Wetter sehr auffallend bemerkt wird. Dasselbe geschieht im Meerbusen von Spezzia, wo sich durch die Gewalt des aufsteigenden Strahles sogar eine merkliche Erhöhung zu erkennen giebt.

Die Wassermassen, welche durch die Spalten und Fugen eines festen Gesteins abgeführt werden, treffen zuweilen an den Stellen, wo sie an die Oberfläche treten, einen so engen Ausweg, daſs sie springende Strahlen oder natürliche Springbrunnen bilden. Die Fälle dieser Art sind indessen nur selten. So spritzt das Wasser am Fuſse des Chatagna-Berges im Jura 13 Fuſs hoch hervor, und dasselbe thut der Quell von Royat im Fontanat-Thale.

Die groſsartigste Erscheinung dieser Art ist der Geiser auf Island. Derselbe bildet einen intermittirenden Quell, der gewöhnlich nicht flieſst, aber alle 2 Stunden in einem Strahle von 20 Fuſs Höhe ausbricht. Die Haupteruptionen erfolgen dagegen in Zwischenzeiten von 30 Stunden. Unter furchtbarem Getöse und von heftigen Erschütterungen begleitet steigt alsdann ein Wasserstrahl von 10 Fuſs Durchmesser empor, der bald die Höhe von 80 bis 90 Fuſs erreicht, und indem er hierauf langsam abnimmt, nach 10 Minuten verschwindet. Die oben entwickelte Quellentheorie kann diese Erscheinung nicht erklären. Die hohe Temperatur des Wassers, die während der Eruption sich bis 72 und sogar bis 80 Grad steigert, zeigt auch deutlich, daſs hier vorzugsweise die Spannung der Wasserdämpfe wirksam ist. Der Hecla befindet sich in der Nähe und erhitzt den Boden so stark, daſs ringsumher Dämpfe hervorbrechen. Auf diese Art wird auch der mächtige Quell, der den Geiser speist, bis zum Sieden erhitzt, und das Wasser desselben tritt vielleicht in ein wei-

tes Bassin, das am untern Ende eine Oeffnung hat, durch welche bei niedrigem Wasserstande der Dampf entweichen kann. Sobald aber diese Oeffnung vom zuströmenden Wasser gesperrt wird, so sammeln sich die Dämpfe an, und ihre Spannung nimmt mit der steigenden Temperatur des Wassers zu. Das alsdann erfolgende Ausströmen in mächtigen Strahlen erklärt man unter Voraussetzung eigenthümlicher Gestaltungen der umschliefsenden Wände in gleicher Weise, wie Dampfkessel bei zunehmender Spannung sich plötzlich durch das Speiserohr entleeren. Dabei tritt keine allmählige Ausgleichung ein, sondern wie bei der Entleerung des Kessels die Dampfbildung sich steigert, so erfolgt die Ausströmung mit zunehmender Heftigkeit. *)

Viel bekannter ist ein anderer heifser Quell, der gleichfalls in springendem Strahle mündet. Dieses ist der Sprudel in Carlsbad. Obwohl er nicht aus einer von der Natur gebildeten Oeffnung, vielmehr aus einer eingestellten hölzernen Röhre ausspritzt, so scheint er doch auch früher, ehe er eingefafst war, als Strahl vorgetreten zu sein, wie dieses bei verschiedenen Durchbrüchen in neuerer Zeit auch der Fall gewesen ist, und wobei er sogar eine viel gröfsere Höhe erreichte. Bei diesem Quell tritt die eigenthümliche Erscheinung ein, dafs die Oeffnungen, durch welche der Ausflufs erfolgt, nicht etwa mit der Zeit sich erweitern, sondern vielmehr verengen, und sogar sich vollständig schliefsen, wenn sie nicht künstlich aufgebohrt werden.

In der Granit-Formation befinden sich die weit ausgedehnten, mit Wasser gefüllten Höhlen, die sich unter einem grofsen Theile der Stadt hinziehn und die übrigen darin vortretenden Heil-Quellen speisen. Diese Quellen haben qualitativ nahe dieselben chemischen Bestandtheile wie der Sprudel, woraus sich ihr gemeinschaftlicher Ursprung ergiebt, nur ist ihre Temperatur niedriger und sie sind mehr oder weniger mit reinem Wasser versetzt. Der Gehalt an Kohlensäure vermindert sich aber bei zunehmender Temperatur und ist im Sprudel am geringsten, woselbst das austretende Wasser die Temperatur von nahe 59 Grad Réaumur hat. Das Wasser ist vorzugsweise mit schwefelsaurem Kali und Natron, wie mit salzsaurem und kohlensaurem Natron, aufserdem aber auch mit kohlen-

*) Karsten's Archiv für Mineralogie. Band IX.

saurem Kalk versetzt, wozu noch in kleineren Quantitäten eine Menge anderer Stoffe kommen. Indem das Wasser beim Austritt an die Oberfläche sich abkühlt und die Kohlensäure ausstöfst, schlägt ein grofser Theil dieser Beimischung nieder und bildet den sogenannten Sprudelstein, der bei seiner Festigkeit und verschiedenartigen Färbung vielfach zu Schmucksachen verarbeitet wird. Er überdeckt jene unterirdischen Wasserhöhlen. Im Bette der Tepel liegt er in grofser Ausdehnung frei zu Tage, bei Fundirungen in der Stadt hat man ihn aber in verschiedenen Lagen über einander in viel gröfserer Höhe angetroffen, woraus sich ergiebt, dafs in früherer Zeit, als sich das Bette der Tepel nicht so tief eingeschnitten hatte, der Sprudel in gröfserer Höhe ausgetreten ist.

Auf der Festigkeit der erwähnten Decke beruht die Existenz der sämmtlichen Quellen. Im Winter 1774 brach die Decke plötzlich durch und das unterirdische Wasser ergofs sich in die Tepel, die dadurch 3 bis 4 Fufs hoch anschwoll. Der Sprudel und alle übrigen Quellen hörten sogleich auf zu fliefsen. Nur nach vielfachen mifsglückten Versuchen gelang es endlich durch Sandsäcke und eingetriebene Hölzer den Bruch zu schliefsen. Die Natur unterstützte aber wesentlich dieses Bemühn, indem die Fugen sich bald mit Sprudelstein versetzten und der wasserdichte Verschluſs sich von selbst bildete. Seit jener Zeit ist die frei liegende Decke im Flusse durch einen Holzbelag geschützt, um namentlich Zerstörungen bei starken Eisgängen zu verhindern. Wo sich aber Spalten und Ausflüsse darin bilden, werden diese sogleich durch Keile, die mit Werg umgeben sind, geschlossen. Die Bildung des Sprudelsteines erfolgt dabei sehr schnell und bewirkt den vollständigen Abschluſs.

Zur gehörigen Sicherung der Quellen mufs man aufserdem auch auf die Mäfsigung des Druckes oder der Spannung der Dämpfe und Gase unter der Decke grofse Sorgfalt verwenden. Sobald der Sprudel mehr als etwa 5 Fufs hoch über die Steigeröhre sich erhebt, so ist dieses ein Zeichen von ungewöhnlicher Anspannung der Dämpfe und es tritt die Gefahr ein, dafs die Decke springen möchte. Um dieses zu verhindern, ist dieselbe an mehreren Stellen durchbohrt, wo gleichfalls Wasser und Dämpfe fortwährend austreten, wo aber wieder der Sprudelstein sich schnell bildet. Man mufs daher die Oeffnungen in jedem Jahre viermal durch Aufbohren räumen.

Die Oeffnung, durch welche der Sprudel austritt, mufs gleich-

falls häufig aufgebohrt werden, sie ist in der Schale des Sprudelsteins ungefähr 10 Fuſs tief, und darüber erhebt sich die 7 Fuſs lange und im Lichten 5 Zoll weite hölzerne Röhre, aus welcher der Quell ausspritzt. Auch diese Röhre muſs jährlich durch eine andre ersetzt werden, da der Sprudelstein sie gleichfalls nach und nach verengt. Man hat es sonach ganz in seiner Gewalt, den Sprudel höher ansteigen zu lassen, wie dieses in früherer Zeit auch geschah, doch ist man hiervon zurückgekommen, um die Decke keiner Gefahr auszusetzen. Der Strahl erhebt sich aber keineswegs zusammenhängend, wie derjenige eines Springbrunnens unter constantem Wasserdrucke, vielmehr bricht er wegen der vielen Gase, die er mit sich führt, schäumend und stoſsweise hervor. In der Minute wiederholen sich etwa 40 Stöſse, die zusammen ungefähr 11 Cubikfuſs Wasser aufwerfen. *)

Unter den Erscheinungen die in der Nähe des Sprudels und selbst in der ganzen Ausdehnung des Quellengebietes auftreten, ist noch die Ansammlung des kohlensauern Gases zu erwähnen, das man in Kellern und andern verschlossnen Räumen vielfach bemerkt, und das auch wiederholentlich zu Unglücksfällen Veranlassung gegeben hat. In dem Souterrain neben der Sprudelhalle lagert es etwa in einer 2 Fuſs hohen Schicht über dem Boden, ein Licht, welches man hineintaucht, erlöscht plötzlich.

Fragt man nach der Ursache, die das Austreten der Quellen und das starke Aufspritzen des Sprudels veranlaſst, so liegt die Erklärung nahe. Das Wasser, welches sich in den höheren Umgebungen ansammelt, übt den Druck aus. Ob die Vermuthung richtig ist, daſs das Wasser bis zu derjenigen Tiefe in den Boden eindringt, wo bei der allmähligen Erwärmung, die man aus andern Erfahrungen kennt, die Temperatur dem Siedepunkte sich nähert, muſs dahingestellt bleiben. Indem aber der Basalt vielfach neben Carlsbad auftritt, dürfte man auch annehmen, daſs der Boden in geringerer Tiefe noch aus der Zeit der vulkanischen Thätigkeit den hohen Wärmegrad behalten hat. Jedenfalls konnte die Erscheinung sich

*) Eine sehr ausführliche Beschreibung der Carlsbader Quellen und der Vorrichtungen zu ihrer Sicherung, wie sie noch gegenwärtig bestehn, enthält das 1789 erschienene Werk von D. Becher, betitelt: Neue Abhandlungen über das Carlsbad.

aber nur durch die dauernde Absetzung des Sprudelsteins, der die festen und wasserdichten Decken darstellt, so auffallend ausbilden.

Intermittirende Quellen, oder solche, die in gewissen kurzen Perioden abwechselnd fliefsen und versiegen, kommen in verschiedenen Gebirgs-Formationen, wenn auch nur selten, vor. Bei Como, sowie auch neben der Abtei Haute Combe in Savoyen und bei Puis Gros in der Nähe von Chambery giebt es dergleichen. Die Periode, welche bei den einzelnen Quellen ziemlich constant ist, beträgt 30 Minuten bis mehrere Stunden. Auch bei Altenbecken ohnfern Paderborn soll im vorigen Jahrhunderte der Quell intermittirend geflossen sein. Diese Erscheinung pflegt man durch Voraussetzung unterirdischer Bassins zu erklären, die bei gleichförmigem Zuflusse sich durch heberförmige Abzugscanäle entleeren.

§. 8.

Brunnen mit weiten Kesseln.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dafs das Hervortreten der Quellen an der Erdoberfläche theils von der relativen Höhenlage und theils von der Formation des Bodens abhängt. An vielen Stellen ist die Oberfläche wasserarm, wenngleich grofse Wassermassen ebendaselbst unterirdisch sich bewegen. Um diese an einem beliebigen Punkte nutzbar zu machen und in einem zugänglichen Reservoir anzusammeln, werden Brunnen ausgeführt. Aber auch selbst da, wo natürliche Quellen hervorbrechen, ist ein Auffangen derselben und eine Abschliefsung des unreinen Tagewassers gemeinhin nothwendig. Daher kommen auch in dem letzten Falle Anlagen vor, welche den Brunnen sehr ähnlich sind und sich nur durch die geringere Tiefe von diesen unterscheiden. Von beiden soll hier die Rede sein, doch müssen die Artesischen Brunnen besonders behandelt werden, indem wegen der geringen Weite und grofsen Tiefe ihre Ausführung wesentlich verschieden ist.

Es ereignet sich häufig, und dieses ist in sandigen Gegenden sogar der gewöhnliche Fall, dafs die wasserhaltende Schicht durch keine undurchdringliche überdeckt ist, sondern sich bis zur Erdoberfläche fortsetzt. Indem sie aber nicht vollständig gesättigt ist,

so dringt kein Wasser von selbst hervor, und man muſs bis zu einer gewissen Tiefe herabgehn, bevor man das sogenannte Grundwasser erreicht, oder bevor im Brunnenkessel sich Wasser ansammelt. Das Grundwasser steht in der Regel nicht viel höher, als das Niveau der Flüsse und Seen in der Nähe, und es findet sonach in den wasserhaltenden Schichten nicht sowol ein merkliches Strömen, als vielmehr nur eine Ansammlung von stehendem Wasser statt. Daraus erklären sich manche Erscheinungen, die bei Brunnenanlagen unter diesen Verhältnissen sich zu zeigen pflegen, wie zum Beispiel das Steigen des Grundwassers beim Anschwellen der Ströme, das jedoch nicht gleichzeitig, sondern nach Maaſsgabe der Entfernung erst später erfolgt. In den niedrig belegenen Stadt-Theilen von Berlin werden die Keller gewöhnlich nicht früher inundirt, als bis der Wasserstand der Spree sich schon merklich senkt.

Bei einem minder durchdringlichen Boden und auf einem festen Untergrunde erreicht das Grundwasser häufig eine bedeutende Höhe im Vergleiche zum Niveau der daneben befindlichen Flüsse. So giebt es in den Vorstädten von Paris, die groſsentheils weit über dem Spiegel der Seine liegen, viele Brunnen, die nur das Tagewasser sammeln, welches eben wegen des undurchdringlichen Untergrundes sich nicht tief einziehn kann. Auch die eigentliche Stadt hatte noch zur Zeit Franz I. eine Menge gewöhnlicher Brunnen, die reichliches und gutes Wasser gaben. Seitdem aber die freien Plätze, Höfe und Gärten verschwunden und die Straſsen viel dichter an einander gelegt, auch alle Räume, die noch unbebaut blieben, gepflastert und mit Abzugsrinnen versehn sind, so kann der Regen nicht mehr in den Boden dringen und die Brunnen sind versiegt. Dasselbe ist auch in London seit dem Anfange des vorigen Jahrhunderts geschehn.

In Paris tritt zuweilen eine andere sehr auffallende Erscheinung ein. Ganz unabhängig von dem Stande der Seine und weit über dem Spiegel derselben wächst nämlich zuweilen, und zwar durchschnittlich alle 30 Jahre einmal das Grundwasser so an, daſs die Keller in einzelnen Stadttheilen sich mit Wasser füllen. Die Erfahrung, daſs wenigstens zwei sehr nasse Jahre einer solchen unterirdischen Inundation vorangehn müssen, erklärt ihren Ursprung. Die obere Erdschicht, welche nämlich in früherer Zeit die Brunnen speiste, erhält jetzt zwar durch das unmittelbar darauf fallende

Wasser keine starken Zuflüsse mehr, aber wenn die benachbarten höher liegenden Plateaus grofse Wassermassen aufgenommen haben, so fliefsen diese unter der Oberfläche in jene Stadt-Theile über.*)

Wie langsam sich das Wasser im Sande bewegt, giebt sich schon dadurch zu erkennen, dafs manche Quellen erst geraume Zeit nach einem Regen sich verstärken, indem wegen des langen und beengten unterirdischen Laufes ihre Zuflüsse sie nicht früher erreichen, dasselbe zeigt sich auch an vielen Erscheinungen, die man bei Brunnen im sandigen Boden wahrnimmt. So wird bei neu angelegten Brunnen erst nach Monaten und selbst nach Jahren der Sand in ihren Umgebungen rein ausgewaschen, worauf sie brauchbares Wasser geben. Wie langsam das Wasser sich bewegt, zeigte besonders die folgende Thatsache. Ein Fabrikant in der Vorstadt St. Marceau bei Paris wollte das heifse Wasser, welches der Condensator der Dampfmaschine lieferte, ohne Kosten entfernen, und leitete es daher in einen Brunnen seines Hofes, worin der Wasserstand tief genug war, um kein Ueberströmen befürchten zu lassen. Einige Monate hindurch schien diese Einrichtung auch keinen Nachtheil zur Folge zu haben, doch später bemerkten die Nachbarn, dafs die Temperatur ihrer Brunnen allmählig zunahm und das Wasser dadurch zu vielen Zwecken unbrauchbar wurde. Auf die deshalb erhobene Beschwerde wurde dem Fabrikanten die fernere Ableitung des warmen Wasser in den Brunnen untersagt, es dauerte jedoch achtzehn Monate, bis die andern Brunnen ihre frühere Temperatur wieder annahmen.**)

Die meisten Quellen, welche unsere Brunnen speisen, werden im Sand- oder Kiesboden gefunden, und selbst diejenigen, welche aus festem Gesteine kommen, treten gewöhnlich in Sand- oder Kiesschichten aus, indem das Tagewasser feine Erdtheilchen und Sand hinzuführt, von denen die erstern durch das durchströmende Quellwasser entfernt werden, letzterer aber liegen bleibt und sich mit weiten Zwischenräumen, oder in Form von Triebsand ablagert. Dieser Umstand ist für das Austreten von Quellwasser sehr günstig, aber er bedingt eine sichere Umschliefsung der Seitenwände, damit nicht immer neue Sand- und Erdmassen hineinstürzeu, was bei dem auf-

*) *Girard, sur les Inondations souterrains de Paris.* Paris 1818.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1833. II. *pag.* 333.

theilchen mit hineindringen, die man durch besondere Schlammfänge entfernen mufs. Zuweilen wird das Wasser auch nicht in dem offenen Graben, sondern in Drain-Röhren aufgefangen, die aber, um das Eintreiben von Erde zu verhindern, nicht stumpf zusammengestofsen sind, sondern mit Muffen über einander greifen.

Als Beispiel einer weit ausgedehnten Zuleitung dieser Art, wodurch man einzelne sehr vertheilte Wasseradern aufgefangen hat, können die Tunnels angeführt werden, die sich unter Liverpool hinziehn, um daselbst die Quellen zu sammeln, welche die Wasserleitungen speisen. Die Stadt liegt am hohen Ufer des Mersey, welches aus buntem Sandsteine besteht. Es entspringen darin nicht reichhaltige Quellen, sondern das Wasser tritt nur in feinen Adern aus dem Gestein hervor. Um dieses möglichst vollständig aufzufangen, sind Stollen oder Tunnels in der Länge von 100 bis 250 Fufs in den Berg getrieben, die das Wasser den Dampfmaschinen zuführen, die es in die Speisebassins der Röhrenleitung heben.

Je tiefer die wasserhaltenden Schichten liegen, um so schwieriger wird die Ausführung der Brunnen. Ist der Sand und Kies mit Thon- oder Lehmboden bedeckt, so wird der Quell durch unmittelbares Aufgraben eröffnet. Nach Maafsgabe der Tiefe der Grube mufs man dieselbe oben erweitern, auch wohl Absteifungen vornehmen, um das Einstürzen der Wände während des Baues zu verhindern. Das Ausgraben selbst wird bei einem Boden der erwähnten Art gewöhnlich durch keinen starken Wasserzudrang erschwert, indem man nur so tief zu graben braucht, bis sich das Wasser zeigt, sobald man aber die Kiesschicht erreicht, füllt sich die Grube zuweilen mit grofser Heftigkeit an. Aus der Geschwindigkeit, womit das Wasser aufsteigt, und zum Theil auch aus der Höhe, die es erreicht, kann man auf die Reichhaltigkeit des eröffneten Quells schliefsen und darnach beurtheilen, ob man mit demselben sich begnügen darf, oder ob man noch tiefer herabgehn mufs. Das Letzte ist nothwendig, wenn das Wasser auffallend unrein ist, und in diesem Falle tritt die Schwierigkeit hinzu, die weitere Ausgrabung unter einem starken Zudrange von Wasser vornehmen zu müssen, auch ist alsdann bei Aufführung des Brunnenkessels darauf Rücksicht zu nehmen, dafs derselbe wasserdicht wird, um das Eintreten dieses obern Quells zu verhindern. Dieser Umstand kommt jedoch bei gewöhnlichen Brunnen in aufgeschwemmtem Boden nicht leicht vor,

indem das in gröfserer Tiefe durch den Sand zufliefsende Wasser ziemlich rein ist, oder man erwarten darf, dafs es mit der Zeit an Reinheit gewinnt.

Hat man die Grube so tief herabgeführt, dafs eine weitere Vertiefung überflüssig erscheint, so mufs die Einfassung dargestellt werden, und diese Arbeit wird namentlich anfangs durch den starken Wasserzudrang erschwert. Durch Schöpfmaschinen und gewöhnlich durch bloſses Ausschöpfen mit Eimern und Aufwinden derselben senkt man den Wasserspiegel so weit, dafs die Sohle der Grube wenigstens nicht tief unter demselben liegt. Dieses Verfahren pflegt meist schon zum Ziele zu führen, da der starke Zudrang des Wassers sich bald etwas mäfsigt. Die aufgeschlossene Schicht ist nämlich ganz mit Wasser gesättigt, sobald sie aber den Wasserreichthum, den sie ursprünglich enthielt, zur ersten Füllung des Brunnens abgegeben hat, so fliefst das Wasser aus den entfernten Theilen minder schnell hinzu, und sonach pflegt die Reichhaltigkeit der Quellen bei ihrer ersten Eröffnung am stärksten zu sein.

Wenn die Brunnen nur mit Holz eingefafst werden, was wegen der geringen Dauer nicht zu empfehlen ist, so pflegt man gemeinhin aus Halbholz viereckige Brunnenkränze übereinander zu legen und dieselben durch Anstampfen der Hinterfüllungserde in ihrer Lage zu sichern. In manchen Gegenden stellt man auch Eckständer in die Brunnengrube, spreizt dieselben durch zwischengeschobene und leicht befestigte Riegel auseinander und verzapft sie oben in Rahmstücke, welche den obern Theil der Brunneneinfassung bilden. Gegen die Ständer werden alsdann von aufsen Bohlenstücke gelehnt, die wenigstens unten keine andere Befestigung als die Hinterfüllungserde erhalten. Diese Constructionsart, die freilich bei der Ausführung manche Bequemlichkeit bietet, hat den grofsen Nachtheil, dafs Reparaturen viel schwieriger, als bei Anwendung der Brunnenkränze auszuführen sind. Indem nämlich das Holz nur über dem Wasserspiegel bald schadhaft zu werden pflegt, so ist eine Erneuung der untersten Brunnenkränze nicht leicht erforderlich und man braucht nur die über Wasser liegenden von Zeit zu Zeit durch neue zu ersetzen. Bei der letzten Construction wird es dagegen nöthig, sobald die Ständer anfaulen, alles Holzwerk bis zur Sohle des Brunnens herauszunehmen.

Viel dauerhafter sind die massiven Brunnenkessel, die man

in cylindrischer Form auszuführen pflegt. Man fundirt sie gemeinhin auf starke hölzerne Brunnenkränze. Dauerhafte und hart gebrannte Steine sind hierbei vorzugsweise nöthig, dieselben müssen aber eine der Weite des Brunnens entsprechende Form haben, damit die Fugen nach aufsen nicht klaffen, wodurch die Solidität leiden würde. Eine solche Gestalt läfst sich indessen durch blofses Zuhauen nicht leicht geben, da jeder einzelne Stein in dieser Art behauen werden müfste. Sie erhalten daher schon beim Formen die keilförmige Gestalt. Dieses sind die sogenannten Brunnensteine. Dergleichen Brunnenkessel werden zuweilen in Mörtel, gewöhnlich aber nur in Lehm einen Stein stark aufgeführt. Dafs Brunnen aus festen Werksteinen gleichfalls sehr solide und dauerhaft sind, bedarf kaum der Erwähnung, doch beschränkt sich die Anwendung derselben gemeinhin nur auf die obere Einfassung. Es giebt endlich auch eine grofse Menge und zum Theil sehr tiefer Brunnen, die aus Bruchsteinen ausgeführt sind. Namentlich existiren viele dergleichen aus früherer Zeit, und sie sind oft aus Granit, also aus einer Felsart erbaut, die wenig lagerhaft bricht, dagegen verdanken sie ihre lange Erhaltung zum Theil der sehr bedeutenden Mauerstärke.

Bei einem Boden, der in geringer Tiefe schon von Wasser durchzogen ist, wird die Ausführung tiefer Brunnen in der erwähnten Art unmöglich, indem der Wasserzudrang zu stark ist, als dafs er selbst durch kräftige Schöpfmaschinen beseitigt werden könnte, und es tritt alsdann noch die neue Schwierigkeit hinzu, dafs die Zuflüsse von der Seite den Einsturz der Wände zur Folge haben. Silberschlag erzählt, wie bei einem Brunnen, den er in feinem Sande unter das Niveau eines in der Nähe befindlichen Flusses herabführen wollte, das Ausheben des Sandes beinahe gar keine Vertiefung des Brunnens zur Folge hatte, indem die einbrechenden Quellen theils wegen der Auflockerung des Grundes und theils wegen des Einsturzes der Seitenwände die Grube immer aufs Neue füllten. Diese Uebelstände wurden jedoch beseitigt, und eine Vertiefung nach Maafsgabe der ausgebrachten Erdmassen erfolgte wirklich, als Silberschlag dem Hervordringen der Quellen dadurch vorbeugte, dafs er in die Grube reichlich Wasser hineingiefsen liefs. Dieses Mittel setzt aber immer noch ein Arbeiten unter Wasser voraus, und man wird daher bei Anwendung desselben nur wenig unter das Grundwasser herab-

kommen können, indem weiterhin das Verlegen der Brunnenkränze nicht mehr mit der nöthigen Sorgfalt erfolgen kann.

In Fällen dieser Art finden die Senkbrunnen ihre eigentliche Anwendung. Man gräbt bis zum Grundwasser, verlegt alsdann einen in sich fest verbundenen hölzernen Brunnenkranz und führt über demselben den massiven Brunnenkessel bis zu einer solchen Höhe auf, dafs derselbe hinreichend schwer wird, um ein leichtes Einsinken zuzulassen, ohne jedoch das Herausschaffen des ausgehobenen Sandes zu sehr zu erschweren. Sodann wird mittelst des Sackbohrers der Brunnen vertieft, und da das zudringende Wasser auch hier den Grund auflockert, so senkt der Brunnenkessel sich langsam herab und man kann durch wiederholtes Aufmauern ihn bis zu grofsen Tiefen herabführen. Der Vortheil dieses Verfahrens besteht darin, dafs man weit unter das Grundwasser herabgeht, ohne ein Ausschöpfen vornehmen zu dürfen, dabei mufs aber der Boden leichter Sandboden und vom Wasser stark durchzogen sein, denn sobald keine Auflockerung desselben unter dem Brunnenkessel erfolgt, so sinkt er auch nicht herab.

Fig. 7 zeigt die Zusammenstellung der Apparate, deren man sich bei der Ausführung der Senkbrunnen zu bedienen pflegt. Der hölzerne Brunnenkranz *A* besteht aus doppelten übereinander genagelten Bohlenstücken, mit gehöriger Versetzung der Fugen, wie Fig. 8 in perspectivischer Ansicht darstellt. Dieser Kranz mufs in einer Breite mit der Länge der Brunnensteine übereinstimmen, damit er weder von innen, noch von aufsen vor die Mauer tritt. Seine Stärke und die Anzahl der Felgenstücke, woraus er zusammengesetzt ist, richtet sich nach der lichten Weite des Brunnens. Beträgt dieselbe, wie hier angenommen ist, 3½ Fufs, so können die einzelnen Felgen noch ganze Quadranten umfassen und brauchen nur 1½ Zoll stark zu sein. Der Brunnenkessel *B* wird aus den bereits erwähnten keilförmigen Brunnensteinen in gehörigem Verbande ausgeführt. Vortheilhaft ist es, hydraulischen Mörtel dabei anzuwenden, weil damit die Erhärtung nicht sobald erfolgt und das Mauerwerk während des Versenkens sich trennen könnte. Auf dem Brunnenkessel mufs eine Rüstung angebracht werden, damit die Arbeiter den Bohrer gehörig einstellen und drehen können. Man pflegt diese Rüstung auch noch durch Steine zu beschweren, wie die Figur zeigt.

Der Bohrer, der in Fig. 9 in gröfserem Maafsstabe gezeichnet

ist, besteht theils aus einem weit vortretenden starken eisernen Dorne und theils aus einem seitwärts angebrachten Bügel, woran ein leinener Sack befestigt ist. Der erstere dringt leicht in den Boden ein und bildet den untern Stützpunkt, um welchen der Bügel gedreht wird. Der Bügel, häufig nur durch Schraubenbolzen befestigt, ist mit einer Schneide versehn, und zwar befindet sich dieselbe an seinem äufsern Rande, damit der nachfolgende Theil, woran der Sack befestigt ist, keinen Widerstand erfährt. Der Sack hat eine solche Gröfse, dafs er nahe einen Cubikfufs faſst, doch wird er gewöhnlich noch nicht halb gefüllt herausgebracht. Am obern Theile des Bügels befindet sich ein Ring, der mit einem Wirbel versehn ist, und an diesen wird das Tau zum Herausheben des gefüllten Bohrers befestigt. Der Wirbel ist dabei insofern nothwendig, als sonst das Tau beim Bohren immer in derselben Richtung gedreht werden und daher Knoten schlagen würde. Der Hebel, wodurch die Drehung erfolgt, hat wegen der beschränkten Gröfse des Gerüstes meist nur eine Länge von etwa 3 Fufs und wird durch ein Tau an den Stiel des Bohrers befestigt. Nachdem der Bohrer herabgelassen und der Hebel in der gehörigen Höhe angebracht ist, fassen zwei Arbeiter an den letztern und drehen den Bohrer langsam in solcher Richtung, dafs die Schneide des Bügels zur Wirksamkeit kommt. Sie gehen dabei auf dem Gerüste im Kreise herum und sind zugleich bemüht, durch Herabdrücken des Hebels den Bohrer scharf eingreifen zu lassen. Nach einigen Umdrehungen, deren Anzahl sich nach der Festigkeit des Bodens richtet, zieht ein Arbeiter das hintere Ende des Taues an und hebt dadurch mittels der festen Rolle den Bohrer heraus, während ein anderer Arbeiter den Stiel hält und den Bohrer führt und umstürzt, worauf das Einstellen von Neuem erfolgt.

Durch vielfaches Ablothen mufs man sich stets von der senkrechten Stellung des Brunnens überzeugen, und sobald man bemerkt, dafs diese nicht mehr statt findet, so mufs man den Bohrer auch nicht mehr in die Mitte des Brunnens stellen, sondern näher an diejenige Seite, wo die Senkung am wenigsten erfolgt ist. Um aber dem obern Theile der Mauer die nöthige Festigkeit zu geben, pflegt man Brettstücke herumzustellen, die durch umgeschlungene und geknebelte Taue und noch besser durch umgelegte Ketten und zwischengeschlagene Holzkeile gehalten werden. Man kann Brunnen dieser Art auch in gröfseren Dimensionen, als den beispielsweise

ılten, ausführen, ohne daſs in dem Verfahren eine wesentliche
ɛrung eintritt. Brunnen von 6 Fuſs Weite lassen sich noch
roſser Sicherheit senken, selbst von 12 Fuſs Weite hat man
it der Wandstärke von einem Steine ausgeführt, doch ist als-
schon eine groſse Vorsicht nöthig, um den Sand möglichst
mäſsig auszuheben. Um die cylindrische Form zu sichern,
nan zuweilen in gewissen Abständen übereinander noch eiserne
, oder hölzerne Kränze, wie den an der Sohle befindlichen, in
lauerwerk. Trifft es sich aber, daſs der Brunnenkessel bricht
heilweise einstürzt, so muſs der ganze Bau nicht nur aufs Neue
angen werden, sondern es ist auch alles Material, welches be-
unter das Grundwasser gesunken ist, verloren und es muſs
eine andere Baustelle gewählt werden, weil die erste wegen
larin steckenden Mauerwerks und Materials zu sehr verunrei-
ist.

Zu den gröſsten Senkbrunnen, die jemals ausgeführt sind, ge-
ı ohne Zweifel die Schachte, die zu dem Themse-Tunnel in
on herabführen. Im Jahre 1825 wurde mit dem Bau des
ɛhtes auf der Südseite der Anfang gemacht. Derselbe war
aſs 8 Zoll im Lichten weit, in den Wänden 3 Fuſs stark, und
ler Sohle bis zur Hochwasser-Marke bei Trinity-House 59 Fuſs

Dieser Schacht sowie auch der später auf der Nordseite aus-
rte bildet den Zugang für Fuſsgänger. Es war ursprünglich
ɛht, noch in zwei andern, viel weiteren Schachten flach geneigte
pen darzustellen, auf welchen die Wagen auf und ab fahren
n. Diese sind jedoch nicht zur Ausführung gekommen, indem
ganze Unternehmen, wenn es auch in der Hauptsache beendigt
e, doch keineswegs den Erwartungen entsprach, und als ganz
hlt angesehn werden muſste.

Was die Construction dieser Schachte betrifft, so wurde für den
ı zunächst aus 48 Segmenten auf einer leichten Rüstung ein
iserner Ring zusammengesetzt, indem die einzelnen mit Flan-
ı versehenen Theile zusammengeschroben wurden. Dieser Ring
ɛ einen 3 Fuſs hohen Cylinder, von 48 Fuſs 6 Zoll im Durch-
ɛr. Aus demselben trat auf der innern Seite durch angegossne
Bänder unterstützt und zwar 6 Zoll unter seiner Oberfläche ein
ıfs breiter Ring vor. Auf diesem ruhte der 3 Fuſs breite und 12
ıohe hölzerne Ring, der die Basis des Mauerwerks bildete. Aus

dem letztern erhoben sich 24 eiserne Bolzen von 1½ Zoll Stärke und 41 Fuſs Länge, welche in die Mittellinie der Mauer fielen, und nachdem letztere ausgeführt war, wieder durch einen hölzernen Ring, gleich dem untern, durchgezogen und mittelst Muttern festgeschroben wurden. Das Mauerwerk bestand aus hart gebrannten Steinen, und der Mörtel aus Roman-Cement. Um bei den voraussichtlichen Erschütterungen die Mauern noch mehr zu sichern, waren in geringen Abständen noch hölzerne Ringe von 3 Zoll Breite und Höhe eingemauert.

Eine nähere Beschreibung der Einzelheiten ist in sofern entbehrlich, als dieselben wohl nicht als musterhaft angesehn werden dürfen. Es wäre nur zu erwähnen, daſs auf diesen thurmartigen Bau eine Dampfmaschine gestellt wurde, welche eine Baggermaschine in Bewegung setzte, um aus dem innern Raume die Erde auszuheben. Jene leichte Rüstung, worauf der Fuſs ruhte, wurde schon beim Beginne der Maurerarbeit entfernt, indem man nach und nach durch Unterbringen von Keilen und Anstampfen von Erde den ganzen Bau auf den gewachsenen Boden stellte.

Die Versenknng erfolgte keineswegs gleichmäſsig, bald neigte sich der Bau nach einer Seite, und bald stürzte er plötzlich mehrere Zoll tief herab, so daſs man namentlich wegen der darauf stehenden Maschine besorgt war. In dem festen Kleiboden, den man endlich antraf, hörte aber die Bewegung ganz auf, woher der untere Theil des Schachtes durch Unterfahrung aufgemauert werden muſste.

Der Schacht auf dem nördlichen Ufer der Themse, der sogleich in der Höhe von 77 Fuſs dargestellt wurde, scheint ohne Unfall versenkt zu sein. *)

Das in neuerer Zeit bei Fundirungen in Strombetten mehrfach angewendete Verfahren, durch Compression der Luft die Sohle trocken zu legen, wurde, soviel bekannt, zum ersten Male beim Abteufen eines Schachtes ohnfern Rochefort versucht. Die reichen Kohlenflötze an der Charente zwischen Rochefort und Ingrande konnten bisher nicht benutzt werden, weil man etwa bis 60 Fuſs unter dem

*) Nähere Beschreibungen dieses Baues, der die allgemeinste Aufmerksamkeit erregte, findet man in verschiedenen technischen Zeitschriften, vorzugsweise ist diejenige in *Weale's quarterly papers of Engineering, Part* IV. zu erwähnen.

leerte, als nöthig gewesen wäre, wenn die Röhre sich ganz mit Wasser gefüllt hätte. Man vermehrte deshalb die Anzahl der kleinen Luftöffnungen, und so gelang es, mit einem Mehrdrucke von einer Atmosphäre das Wasser aus der Tiefe von 60 Fufs zu heben.

Die Arbeiter empfanden, so oft sie durch die Schleuse gingen, bei der Aenderung des Luftdruckes Ohrenschmerzen, doch verginge dieselben sehr schnell, wenn durch wiederholtes Schlucken die Luft im Körper mit der äufsern ins Gleichgewicht gesetzt wurde. Das Sprechen bot selbst unter dem Drucke von drei Atmosphären keine Schwierigkeit, die Kerzen und Lampen leuchteten, wie gewöhnlich, doch rauchten sie stärker, und verbrannten schneller, als in freier Luft.

Als man auf festes Gestein gekommen war, drang die comprimirte Luft, wahrscheinlich durch aufwärts gerichtete Spalten, bis in die Charente, in der man eine Menge Blasen aufsteigen sah. Man teufte alsdann den Schacht noch etwa 20 Fufs tiefer ab, mauerte den untern Theil aus, und verband denselben mit dem eisernen Cylinder, wodurch der Zudrang des Wassers ganz unterbrochen und die fernere Benutzung der Luftschleuse entbehrlich wurde.

Ein weiter Brunnenkessel hat vor einem engen Bohrloche den wichtigen Vorzug, dafs eine grofse Wassermasse, die vielleicht nur langsam aus den Erdschichten hineinfliefst, sich darin ansammelt, und sonach bei zufällig eintretendem starken Bedarfe das erforderliche Quantum sicherer entnommen werden kann. In dieser Beziehung ist es aber nicht nothwendig, die grofsen Dimensionen bis zu der Eröffnung der wasserführenden Schicht beizubehalten, vielmehr kann man ohne Nachtheil letztere durch eine enge Röhre mit dem Kessel in Verbindung setzen. Ein solches Verfahren ist besonders in sofern sehr empfehlenswerth, als die Darstellung des Brunnenkessels um Vieles leichter wird, wenn man ihn in festem Thonboden ohne Zutritt von Quellen ausführen, also die Ummaurung im Trocknen vornehmen kann. Man mufs alsdann aber davon überzeugt sein, dafs die wasserführende Schicht ziemlich nahe unter der Sohle liegt, also jenes Verbindungsrohr leicht hindurchgetrieben werden kann. Doch auch in diesem Falle können die einbrechenden Quellen, wenn sie aus einer Schicht feinen Sandes mit grofser Gewalt und starkem Drucke vortreten, soviel Sand mit sich führen, dafs sie nicht nur den Kessel theilweise anfüllen, sondern auch die Röhre vollständig

erstopfen, so dafs die fernere Speisung des Brunnens ganz aufhört. Diese Gefahr tritt nur bei der ersten Anfüllung ein, denn späterhin bildet das darin befindliche Wasser einen so starken Gegendruck, dafs der Zufluſs nur langsam erfolgt und der Sand nicht mehr in Bewegung gesetzt wird.

Um bei der Durchbohrung der letzten Schicht das Eintreiben des Sandes zu verhindern, wandte Hallette bei Ausführung eines Brunnens zu Roubaix im Departement du Nord mit günstigem Erfolge das sogenannte Klärungsrohr an. Er füllte nämlich die eiserne Röhre mit kleinen Steinen, und indem das Wasser zwischen diesen hindurchdrang, mäſsigte sich seine Geschwindigkeit so sehr, dafs es keinen Sand mit sich riſs, wie dieses bei dem früheren Versuche mit der offenen Röhre geschehn war. Dieses Klärungsrohr wurde auf einen gufseisernen Kegel aufgestellt, indem dessen aufwärts gekehrte Basis mit einem dünnen Rande umgeben war, die das Rohr umfafste. Dieser Kegel diente als Pfahlschuh, und nachdem er die lockere Sandschicht erreicht hatte, so sank er von selbst so tief herab, dafs über ihm das Wasser eintreten konnte.

Ist die wasserführende Schicht fest abgelagert und keinem starken Drucke ausgesetzt, so kann es leicht geschehn, dafs selbst ein weiter Brunnenkessel bei fortgesetzter Entnahme von Wasser sich bald entleert. Der Zufluſs läſst sich indessen verstärken, wenn man die Differenz zwischen dem äufsern und innern Drucke vergröſsert. Eine Vermehrung des äufsern Druckes ist zwar nicht möglich, wohl aber eine Verminderung des innern, indem man den atmosphärischen Druck im Brunnenkessel theilweise aufhebt, oder hier eine Luftverdünnung bewirkt. Hierauf beruht der in der letzten Pariser Ausstellung bekannt gewordene Brunnen von Donnet. Derselbe ist oben luftdicht abgeschlossen, und über dem Wasser, welches sich in ihm sammelt, wird die Luft durch einen Exhaustor ausgesogen.

§. 9.

Artesische Brunnen im Allgemeinen.

Die Artesischen Brunnen haben ihren Namen von der Französischen Provinz Artois, woselbst sie seit geraumer Zeit üblich

sind, und wo sie besonders diejenigen auffallenden Erscheinungen zeigen, die allgemeines Interesse erregt haben. Der klüftige Kreideboden, der sich von der Mündung der Seine bis zu dem Cap Blanc-Nez ohnfern Calais hinzieht, erstreckt sich in bedeutender Höhe, mehr oder weniger mit aufgeschwemmtem Boden überdeckt, weit landeinwärts und bildet die Wasserscheide zwischen der Somme und der Schelde. Er fällt nordwärts ab und in der Linie, welche die Städte Béthune, Lillers, Aire, St. Omer und Calais verbindet, ist er nahe 100 Fufs hoch mit Sand und Lehm überdeckt. Hier findet auch eine merkliche Abdachung des Bodens statt, welche zwar die Richtung der kleinen Flüsse Yser und Lys und selbst der Schelde bedingt, aber noch nicht ein natürliches Hervortreten derjenigen Wassermassen gestattet, die in den Klüften der Kreide enthalten sind, und in diesen dem Meere zufliefsen. Gewöhnliche Brunnen geben hier in geringer Tiefe, sobald man wasserführende Schichten antrifft, ziemlich befriedigende Resultate, wenn man aber in grofser Tiefe die Kreide erbohrt, so ist der Erfolg viel auffallender, da alsdann das Wasser unter dem Drucke hervorbricht, welcher der Höhe des Niveaus in weiter Entfernung entspricht. In solchen Brunnen sammelt das Wasser sich nicht nur an, sondern es strömt aus denselben frei auf die Erdoberfläche. Bei Gonnehem, ohnfern Béthune, sind vier Brunnen auf einer Wiese angelegt, in denen man die Röhren $11\frac{1}{3}$ Fufs über den Boden heraufgeführt hat, und welche das Wasser in solcher Höhe ausgiefsen, dafs sich ein hinreichendes Gefälle darstellt, um eine Mühle zu treiben, die in 24 Stunden 4 Centner Mehl bereitet.

Bei der grofsen Tiefe dieser Brunnen ist die vorher beschriebene Art der Ausführung nicht mehr anwendbar. Dieselben werden nicht gegraben, sondern gebohrt, und ihre Weite beschränkt sich meist auf 6 bis 12 Zoll, während eiserne Röhren ihre Umschliefsungen bilden.

Wenn sich hieraus schon ergiebt, was man im Allgemeinen unter der Benennung Artesischer Brunnen versteht, so bleibt es dennoch zweifelhaft, ob das unterscheidende Kennzeichen derselben das freie Ausströmen des Wassers ist, oder ob jeder gebohrte Brunnen ein Artesischer heifst. Es scheint, dafs der Sprachgebrauch hierüber bis jetzt noch nicht bestimmt entschieden hat, und sonach läfst sich die oft angeregte Frage, ob man überall

Artesische Brunnen anlegen könne, nicht beantworten. Es ist gewifs, dafs man an jeder Stelle ein Bohrloch ausführen, und wenn Mühe und Kosten nicht gescheut werden, man dieses auch auf grofse Tiefe herabtreiben kann, dafs man aber jedesmal Quellen findet, die bis über die Oberfläche steigen, ist nach der gegebenen Erklärung der Quellen nicht anzunehmen.

In Frankreich wird in neuerer Zeit jeder tiefe, gebohrte Brunnen ein Artesischer genannt, woher man dort auch von Artesischen Brunnen spricht, die nicht Wasser geben, sondern solches verschlucken. In dieser Bedeutung soll der Ausdruck auch hier gebraucht werden, da es nur auf die Mittheilung des Verfahrens der Ausführung ankommt.

Die Brunnen dieser Art sind in manchen Theilen von Deutschland, Frankreich und Italien schon seit Jahrhunderten bekannt, ihre erste Anwendung fällt aber in eine viel frühere Zeit, da die alten Egyptier sich ihrer schon zum Bewässern der Oasen bedienten, und ähnliche Brunnen, deren Zweck jedoch ein anderer ist, kommen auch in China häufig vor. Von den gebohrten Brunnen in Egypten spricht bereits Olympiodor und sagt, dafs sie eine Tiefe von 200 bis 300 und sogar bis 500 Ellen haben und dafs sie das Wasser über die Erdoberfläche ausgiefsen, welches zur Bewässerung der Aecker benutzt wird. Durch neuere Untersuchungen hat sich die Richtigkeit dieser Angabe bestätigt. Die Pariser Academie der Wissenschaften erhielt hierüber folgende wichtige Mittheilung, und zwar nach den Angaben des Militair- und Civil-Gouverneurs Ayme, der in den Oasen von Theben und Garbe chemische Fabriken eingerichtet hatte.

Die grofse Oase von Theben und die von Garbe umfafst beinahe 2¼ Quadratmeilen eines Bodens, der sich nach den Versuchen von Ayme zur Cultur von Zuckerrohr, Indigo, Krapp und Baumwolle eignet. Diese beiden Oasen sind wie ein Sieb mit Artesischen Brunnen durchlöchert, die aber grofsentheils durch den Einsturz der Einfassungen und durch das Abbröckeln der Seitenwände verschüttet sind. Nachdem im Jahre 1836 ein Bohrgestänge von 500 Fufs Länge zugerichtet war, gelang es, mehrere dieser Brunnen aufzuräumen, in welchen das Wasser bis zur Höhe des Erdbodens aufstieg.

Das Verfahren der alten Einwohner dieser Gegenden beim Brunnenbohren war Folgendes. Es wurden vierseitige Löcher aus-

gehoben, die bei einer Weite von 6 bis 11 Fuſs sich bis zum Kalk erstrecken, der in der Tiefe von 60 bis 75 Fuſs vorkommt. Die Erdschichten, welche man dabei zu durchgraben hatte, bestanden der Reihe nach aus vegetabilischer Erde, Thon, Mergel und thonigem Mergel. Letzterer liegt auf dem Kalke, unter dem das Wasserbassin sich befindet, das alle Brunnen der Oase speist. Sobald diese weiten Brunnenkessel den Kalk erreicht hatten, wurden sie mit einer dreifachen Schalung von Palmenholz eingefaſst, um das Einstürzen der Erde zu verhüten. Bis soweit geschah die Arbeit im Trocknen, und nun mußte die 300 bis 400 Fuſs mächtige Kalkschicht durchbohrt werden, ehe man das unterirdische Wasser erreichte. Welche Methode des Bohrens angewendet wurde, ist nicht bekannt, beim Aufräumen der alten Bohrlöcher zeigte es sich aber, daſs die Quellen unter dem Kalke sich in oder auf einer Sandschicht bewegen, die nach den Proben zu urtheilen, welche der Bohrer davon heraufbrachte, mit dem Sande des Nils übereinstimmt. Einer dieser Brunnen zeigte nach der Aufräumung und Reinigung eine Erscheinung, die auch bei Elbeuf ohnfern Rouen sich wiederholt hat. Aus der Tiefe von 345 Fuſs kamen nämlich mit dem Wasser auch Fische herauf.

Man bemerkt, daſs die Alten vorsichtig zu Werke gingen. Um nämlich ein zu starkes Ausströmen des Wassers zu verhindern, machten sie aus sehr hartem Sandsteine Pfropfen, die mit einer Fassung umgeben, ganz oder theilweise geöffnet werden konnten. Bei andern Brunnen sind statt dieser Pfropfen hölzerne Röhren in die Bohrlöcher getrieben. Die Weite der Bohrlöcher beträgt 8 Zoll.

Aus der groſsen Anzahl dieser Brunnen und ihrem unregelmäſsigen Vorkommen ergiebt sich, daſs man in diesen beiden Oasen überall Wasser findet, und es scheint, daſs die Wassermenge allein durch die Weite der Bohrlöcher bedingt ist. Der Versuch, die letzteren wieder aufzuräumen, war sehr kostbar, weil bei dem starken Wasserzudrange und bei dem Mangel an andern Hülfsmitteln Taucher angewendet werden mußten, die mit den Händen die Aufräumung vornahmen. Dazu kommt noch der hohe Preis des Holzes in diesen Gegenden. Ayme beabsichtigte, ganz neue Brunnen zu bohren, wobei sich hoffentlich wichtige Aufschlüsse über die Natur des Bo-

dens und den mächtigen unterirdischen Strom ergeben werden, der, wie es scheint, von Darfour herkommt. *)

Die gebohrten Brunnen in China sollen 2000 bis 3000 Fuſs tief und 5 bis 6 Zoll weit sein. Sie kommen in so groſser Anzahl vor, daſs zum Beispiel ohnfern des Fleckens U-Thung-Khiao auf einem Raume von 6 Meilen Länge und 3 Meilen Breite mehrere Zehntausende derselben existiren **). Sie sind in Felsen gebohrt, und das dabei angewendete Verfahren wird als so zeitraubend bezeichnet, daſs mehrere Generationen an einem und demselben Brunnen arbeiten müssen, bevor der gesuchte Quell erreicht wird. Diese Brunnen enthalten Quellen von 20 bis 25 Prozent Salzgehalt, und flieſsen nicht über, sondern die Sohle muſs noch aus einer bedeutenden Tiefe mittels einer 24 Fuſs langen Bambusröhre, die unten mit einem Ventile versehn ist, geschöpft werden, wozu ein Göpel dient, vor welchen Ochsen gespannt sind. Die Art, wie die Brunnen hier gebohrt werden, gehört zur Methode des Seilbohrens, weshalb man diese auch die Chinesische zu nennen pflegt.

In Europa waren gebohrte Brunnen bei Modena und Bologna, sowie auch in Nieder-Oestreich, schon lange bekannt. Vor 200 Jahren führte Dominicus Cassini im Fort Urbain einen solchen Brunnen aus, in welchem das Wasser bis zu den obersten Geschossen der Häuser anstieg. Im alten Karthäuserkloster zu Lillers soll schon im Jahre 1126 ein Brunnen dieser Art errichtet sein, und Bélidor ***) giebt eine vollständige Beschreibung der gebohrten und überflieſsenden Brunnen und fügt derselben eine Erklärung und manche Bemerkungen hinzu, welche mit den neuesten Erfahrungen übereinstimmen. Die allgemeine Aufmerksamkeit auf Anlagen dieser Art wurde jedoch erst angeregt, als die Gesellschaft für Beförderung der National-Industrie zu Paris im Jahre 1816 einen Preis von 3000 Franks auf die beste Anweisung zur Aufbohrung flieſsender Quellen aussetzte, wie solche in der frühern Provinz Artois üblich sind. Diesen Preis gewann der beim Bergbau in Arras angestellte Inge-

*) *Compte rendu des séances de l'Académie des sciences: Séance du Lundi. 10. September* 1838.

**) Poggendorff's Annalen. Bd. XVIII. S. 604.

***) *Science des Ingénieurs.* 1729. *Cap. IV. Liv. XII.*

nieur Garnier, dessen Abhandlung *) eine ausführliche Beschreibung der anzuwendenden Geräthe sowie des ganzen Verfahrens enthält. Sie giebt zugleich eine Uebersicht der Boden-Verhältnisse, welche die Quellenbildung begünstigen, doch ist dabei vorzugsweise und beinahe ausschliefslich die Localität der Provinz Artois im Auge behalten. Von gleicher Wichtigkeit war eine Schrift von Héricart de Thury **), worin besonders die geognostischen Verhältnisse auseinandergesetzt sind, welche bei Bohrbrunnen einen günstigen Erfolg herbeigeführt haben oder erwarten lassen. Aufserdem wird in diesem Werke die Ergiebigkeit und der Nutzen dieser Anlagen an vielen Beispielen nachgewiesen, und zugleich sind die eigenthümlichen Erscheinungen beschrieben, die hin und wieder sich dabei gezeigt haben. Seit dieser Zeit sind Artesische Brunnen in Frankreich, Deutschland, England, Nord-Amerika vielfach ausgeführt. Von grofser Bedeutung für die Landeskultur sind sie auch in Algerien gewesen. Nach dem Berichte des General Desvaux wurden bis zum Jahre 1857 in der Provinz Constantine sechs Brunnen ausgeführt. Der erste derselben, in Tamerna, einer Oase des Qued-Rir, gab bei der Tiefe von nahe 200 Fufs in der Secunde über 2 Cubikfufs Wasser. Auch die andern Anlagen hatten ähnliche, zum Theil noch gröfsere Erfolge.

Die in neuerer Zeit angewendeten Methoden weichen nach den inzwischen gesammelten Erfahrungen wesentlich von denjenigen ab, die Garnier empfohlen hatte. Besonders bei grofsen Tiefen mufsten zur Sicherung der Arbeit eigenthümliche Apparate und Verfahrungs-Arten benutzt werden. Eine nähere Bezeichnung derselben würde zu weit führen, sie ist aber an dieser Stelle auch entbehrlich, da vorkommenden Falls die Ausführung nicht dem Baumeister, sondern dem Bergmanne oder einem darin besonders erfahrenen Techniker übertragen wird. Es soll daher im Folgenden nur von dem Durchbohren der Diluvial- und Tertiär-Schichten und zwar bei der mäfsigen Tiefe von einigen hundert Fufs die Rede sein, doch müssen zuvor noch manche Eigenthümlichkeiten der Artesischen Brunnen erwähnt werden. Diejenigen Leser, die sich mit dem Gegenstande

*) *de l'art du fontenier sondeur et des puits Artésiens.* Paris 1822.

**) *Considérations géologiques et physiques sur le gisement des eaux souterrains, relativement au jaillissement des fontaines artésiennes.* Paris 1828.

über bekannt machen wollen, werden auf die ausführlichen Mittheilungen von Bruckmann, Degoussée, Kind, Beer und Anderer aufmerksam gemacht *).

Was früher über den Ursprung der Quellen gesagt ist, findet auch auf die Artesischen Brunnen Anwendung. In den meisten Fällen kann man mit Sicherheit angeben, woher diese Brunnen ihr Wasser beziehn, und nur selten bleibt bei näherer Untersuchung des Terrains hierüber ein Zweifel übrig. Zuweilen trifft es sich auch, dafs man eine eigenthümliche und an sich wenig wahrscheinliche Gestaltung der wasserhaltenden und undurchdringlichen Erdschichten annehmen mufs, um übereinstimmend mit der oben entwickelten Quellentheorie die Erscheinung zu erklären. Indem diese Fälle aber sehr selten sind, so darf auch ihr Vorkommen nicht befremden, und es würde sogar auffallen, wenn unter den so verschiedenen Abwechselungen die Erdschichten immer nur in der einfachsten Art sich abgelagert hätten.

Ueber die Richtung, in welcher sich das Wasser in diesen unterirdischen Strömen bewegt, hat man in einzelnen Fällen entscheidende Versuche angestellt. So erzählt Garnier, dafs von zwei Brunnen in Béthune der eine sogleich trübes Wasser ausgofs, sobald in den andern, der südwestlich vom ersten liegt, ein Kolben eingebracht und schnell auf und ab bewegt wurde. Im umgekehrten Falle zeigte sich in dem zweiten keine Trübung. Es ergab sich hieraus, dafs der unterirdische Strom dieselbe Richtung hatte, in welcher das Gebirge sich senkt.

Der Zusammenhang, in welchem manche Brunnen unter sich stehn, ist zuweilen sehr auffallend. So hat man nicht selten bemerkt, dafs durch Aufbohren eines zweiten Brunnens in der Nähe eines schon bestehenden die Ergiebigkeit dieses merklich geringer wurde, und indem man einen von beiden wieder schlofs, strömte der andere sogleich um so kräftiger. In andern Fällen zeigt sich diese Erscheinung nicht, und es ist klar, dafs sie nur eintreten kann, wenn dieselbe Wasserader beide Brunnen versorgt, sie kann

*) Besonders dürfte das Werk von A. H. Beer, das unter dem Titel Erdbohrkunde 1858 in Prag erschienen ist, zu empfehlen sein. Auch die ausführliche Beschreibung der in Frankreich üblichen Methoden in Förster's allgemeiner Bauzeitung, XIV. Jahrgang Seite 217 bis 275 enthält viele wichtige Mittheilungen.

sich aufserdem auch nur zu erkennen geben, wenn der zweite Brunnen einen namhaften Theil der Wassermasse dieser Ader absticht und sie merklich schwächt. Artesische Brunnen, die in der Nähe des Meeres angelegt sind, zeigen gewöhnlich einen auffallenden Zusammenhang mit der Fluth und Ebbe. An das Eintreten der Fluth in den unterirdischen Quell darf man dabei nicht denken, aber dieser hat zwei Ausmündungen, die eine ins Meer und die andere durch das Bohrloch. Je kräftiger jene wirkt, um so weniger Wasser wird diese bei gleichem Zuflusse abführen. Bei gröfserer Entfernung des Brunnens von der Meeresküste mufs dieser Einfluſs sich aber später einstellen, und es erklärt sich, dafs bei dem verminderten Abflusse während der Fluth die einzelnen Bassins oder die Zwischenräume zwischen den Kiesmassen sich zuerst anfüllen müssen, bevor der verstärkte Druck weiter aufwärts eintritt, und dafs die Zwischenzeit leicht mehrere Stunden betragen kann. Dieses ist der Grund, weshalb manche Artesische Brunnen gerade während der Ebbe viel und während der Fluth wenig Wasser geben.

Die Ergiebigkeit eines Bohr-Brunnens und zum Theil sogar sein Gelingen hängt nicht nur von der relativen Höhe der Stelle ab, wo er angelegt wird, sondern eben so sehr auch von der Formation des Bodens. Die Wasserader, die einen reichen Zufluſs gewährt, kann nur in einem klüftigen Gesteine oder in ausgedehnten Spalten gesucht werden. Aus diesem Grunde geben dichte und mit keinen oder nur mit engen Spalten durchzogene Gebirgsarten, wie die Urgebirge, auch keine überfliefsende Brunnen, wie auch die natürlichen Quellen hier schon ziemlich arm zu sein pflegen. Im Granit hat man in England einige Artesische Brunnen ausgeführt, die wenigstens zum Theil ihren Zweck erfüllt haben *), von dem Brunnen in Aberdeen in Schottland, der eine ansehnliche Wassermenge frei ausgiefst, hat jedoch Robinson später gezeigt **), dafs er nicht im Granit, sondern in einer tiefen mit Sand gefüllten Spalte das Wasser aufnimmt. Die Uebergangsgebirge, wenigstens die Grauwacke und der Thonschiefer, sind ungefähr von derselben Beschaffenheit, und einzelne Brunnen im Thonschiefer sind wegen des schlechten

*) *Civil Engineer and Architect's Journal.* 1839. *p.* 146.
**) Poggendorff's Annalen. Band 38. S. 588.

Wassers, das vom Schwefelkiese stark verunreinigt [illegible] auch als mifsglückt zu betrachten.

Das eigentliche Gebiet der Artesischen Brunnen sind die Flötzgebirge. Der Sandstein ist jedoch wasserarm, und wenn man darin auch Quellen findet, so fliefsen sie nicht über, beim Keuper haben die bisherigen Versuche dasselbe ergeben, der Muschelkalk und Jurakalk stellen sich günstiger dar, aber vorzugsweise finden sich in der Kreide reichhaltige Wasseradern, wenn nach den sonstigen Verhältnissen deren Speisung möglich ist. Die Kalkerde wird nur in geringer Menge vom Wasser aufgelöst, daher sind die Quellen, die aus ihr treten, von reinem Geschmack und zu den meisten Zwecken brauchbar. Durch das ununter[illegible]ene Durchströmen von immer neuen Wassertheilchen geht [illegible] die Auflösung der Kreide zwar langsam, doch dauernd fort, und so erweitern sich die Wasserläufe und es bilden sich Höhlungen. Diese sind es, die beim Bohren der Artesischen Brunnen ein plötzliches Herabsinken des Gestänges verursachen, und sie scheinen zum Theil auch von Fischen bewohnt zu sein, wenigstens wäre sonst das Erscheinen derselben im Zirknitzer See und in den Bohrlöchern der Egyptischen Oasen nicht zu erklären. Der Brunnen zu Elbeuf, der 480 Fufs tief ist, warf eine Menge kleiner lebendiger Aale aus, deren Uebereinstimmung mit den gewöhnlichen Aalen constatirt wurde. Im Artesischen Brunnen im Zuchthause zu Beaulieu bei Caen fand man sogar einen lebendigen ausgewachsenen Aal, der sich durch sehr grofse Augen auszeichnete, was auf einen dauernden Aufenthalt in dunkeln Räumen schliefsen liefs.

Die Sandmassen, die einige Bohrlöcher bei ihrer ersten Eröffnung auswarfen, und manche Wahrnehmungen beim Bohren selbst, zeigen, dafs die unterirdischen Ströme nicht immer im Kalke sich befinden, sondern dafs sie zuweilen auch zwischen diesem und einer darunterliegenden Sandschicht (grofsentheils Grünsand) vorkommen. In diesem Falle bildet also der Kalk die feste Decke, welche das Verschütten des Stromschlauches verhindert.

Die Artesischen Brunnen, welche den Felsboden gar nicht erreichen und nur zu den Sand- und Kiesschichten im aufgeschwemmten Boden herabgeführt sind, pflegen im Allgemeinen weniger ergiebig zu sein, indem sich hier keine weiten Oeffnungen bilden können.

Die Höhe, zu welcher das Wasser der Artesischen Brunnen steigt, ist sehr verschieden, und hängt theils von dem Niveau des Speisewassers und theils von der Beschaffenheit der sonstigen Ausflüsse ab. Dafs die Quellen zuweilen 20 bis 30 Fufs über den Boden gehoben werden, ist bereits bemerkt worden, doch giebt es Beispiele, wo sie noch viel höher steigen. In einem Brunnen zu Bruck bei Erlangen soll das Wasser bis 70 Fufs ausgespritzt sein, woher die Steighöhe in einer Röhrenleitung wahrscheinlich noch bedeutend gröfser gewesen wäre. In vielen Fällen dagegen erreicht das Wasser nicht die Oberfläche der Erde, so dafs auch kein freier Ausflufs stattfindet und die Anwendung von Pumpen nöthig wird, wie dieses namentlich in London zu geschehn pflegt.

Eben so verschieden ist die Reichhaltigkeit der Artesischen Brunnen und diese wird wieder durch die Höhe bedingt, zu der man das Wasser ansteigen läfst. Je gröfser die letztere ist, um so mehr nimmt der Druck zu und um so stärker ergiefst sich das Wasser in die andern natürlichen Abzugs-Canäle. Man hat diese Abhängigkeit überall bemerkt, und wo die Steighöhe nicht bedeutend ist, macht eine Differenz von einem Fufs schon einen merklichen Unterschied in der Wassermenge. In jedem Brunnen giebt es eine gewisse Höhe, zu der das Wasser nur eben noch ansteigt, ohne sich darüber zu erheben. Der Abflufs hört also ganz auf, wenn die Oeffnung oberhalb dieser Grenze liegt. Im Allgemeinen sind Brunnen, die in der Secunde 5 Quart, oder gegen $\frac{1}{4}$ Cubikfufs Wasser geben, schon ziemlich selten, doch kommen auch Beispiele vor, dafs sie bis 2 Cubikfufs in der Secunde liefern, wie z. B. der bereits erwähnte Brunnen in Algerien, auch der Brunnen in der Gemeine Bages, 2 Lieues südwestlich von Perpignan, giebt nach Arago's Mittheilung in der Minute 2000 Liter oder in der Secunde über 1 Cubikfufs.

Sehr wichtig ist die Frage, welche Beziehung zwischen der Reichhaltigkeit eines Brunnens und der Höhe seiner Ausflufs-Mündung besteht, oder in welchem Maafse die Wassermenge sich vermindert, wenn man die Steighöhe vergröfsert. Darcy theilte hierüber eine Reihe von Beobachtungen mit, die an dem Brunnen von Grenelle in Paris angestellt wurden *).

*) *Les fontaines publiques de la ville de Dijon, par Henry Darcy.* Paris 1856. *pag.* 160.

Dieses Bohrloch ist durch verschiedene in einander geschobene öhren eingefafst, welche die nachstehenden lichten Weiten und ängen (in Rheinländischem Fufsmaafse) haben:

der unterste Theil ist 411,5 Fufs lang und 0,54 Fufs weit,
der nächste - - 229,6 - - - 0,45 - -
der folgende - - 625,2 - - - 0,57 - -
der darauf folgende - 446,0 - - - 0,76 - -

der Höhe von 1712,3 Fufs über dem untern Ende der Röhre, findet sich die Sohle des auf dem Terrain ausgeführten Beckens, nd von diesem Niveau ab sind die Höhen der verschiedenen Steigehren gemessen, die bei den Versuchen verlängert und verkürzt urden. Die lichte Weite der letzten Röhren betrug 0,69 Fufs.

In der nachstehenden Tabelle sind diese Höhen h, sowie auch e dabei gewonnenen Wassermengen m in Rheinländischem Fufsaafse angegeben. Die dritte Spalte überschrieben $h + l$ bezeichnet ie ganze Steig-Höhe. Die Bedeutung der beiden letzten Spalten ird später erklärt werden.

h	m	$h+l$	H	$H+l$
105,5	0,402	1817,8	4,12	1821,9
90,8	0,434	1803,1	4,76	1807,9
79,8	0,461	1792,1	5,34	1797,4
58,6	0,493	1770,9	6,03	1776,9
49,9	0,514	1762,2	6,51	1768,7
46,2	0,530	1758,5	6,91	1765,4
38,6	0,550	1750,9	7,41	1758,3
19,4	0,589	1731,7	8,42	1740,1
9,7	0,604	1722,0	8,80	1730,8
0,0	0,647	1712,3	10,04	1722,3

Es ergiebt sich hieraus, dafs bei gröfserer Höhe der Ausflufsündung die Wassermenge m sich wesentlich vermindert. Die Geschwindigkeit in der Röhre, deren Querschnitt durchschnittlich etwa in Viertel Quadratfufs mifst, beträgt bei den verschiedenen Steigehen 1,5 bis $2\frac{1}{2}$ Fufs, woher zur Darstellung derselben nur sehr äfsige Druckhöhen erforderlich sind. Letztere lassen sich nach

den bekannten Gesetzen über die Bewegung des Wassers in cylindrischen Röhren leicht berechnen, um diese aber bequem anwenden zu können, muſs man den Einfluſs der verschiedenen lichten Durchmesser, die zwischen 0,54 und 0,76 Fuſs liegen, beseitigen und den constanten Durchmesser einer solchen Röhre suchen, die bei gleicher Länge, der Bewegung des Wassers denselben Widerstand entgegensetzt.

Die Längen der einzelnen Röhrentheile bezeichne man mit $l_i\ l_{ii}\ \ldots\ .$, die Weiten oder Durchmesser derselben mit $d_i\ d_{ii}\ \ldots\ .$, die Geschwindigkeiten darin mit $v_i\ v_{ii}\ \ldots\ .$ Die hindurchfliefsende Wassermenge m ist in allen Theilen dieselbe, man kann also jedes v durch das entsprechende d ausdrücken. Gesucht wird die Geschwindigkeit v und der Durchmesser d derjenigen gleichförmigen Röhre, die bei der Länge

$$l = l_i + l_{ii} + \ldots$$

dieselbe Wassermenge, wie die ungleichförmige Brunnenröhre abführt, oder die der Bewegung dieselben Widerstände entgegensetzt.

Der Widerstand in jedem Röhrentheile ist nach den gewöhnlichen Annahmen gleich

$$n \,.\, l \,.\, d \,.\, v^2$$

wo n einen constanten Factor bedeutet. Man hat also

$$l \,.\, d \,.\, v^2 = l_i\, d_i\, v_i^2 + l_{ii}\, d_{ii}\, v_{ii}^2 + \ldots$$

$$\text{und da } v = \frac{4m}{\pi d^2}$$

so verwandelt sich dieser Ausdruck beim Fortfallen des gemeinschaftlichen Factors

$$\frac{16\, m^2}{\pi^2}$$

$$\text{in } \frac{l}{d^5} = \frac{l_i}{d_i^5} + \frac{l_{ii}}{d_{ii}^5} + \ldots .$$

l ist aber bekannt, und sonach kann man aus den gegebenen Längen und Weiten der Röhrentheile die gesuchte entsprechende Weite der gleichförmigen Röhre finden.

Setzt man zur Abkürzung der Rechnung die Länge der obersten Röhre, die bei den verschiedenen Versuchen sich verändert, gleich der Hälfte des gröfsten h oder $= 52{,}75$ so ergiebt sich beim Einführen der mitgetheilten Zahlenwerthe der gesuchte Durchmesser

$$d = 0{,}564$$

Es muſs aber bemerkt werden, daſs bei Annahme eines andern Werthes für das letzte l das gesuchte d nur wenig sich ändert.

Nunmehr kann man leicht die Druckhöhen H über der Ausflus-Oeffnung der Röhre berechnen, welche bei der jedesmaligen Länge der Röhre die beobachteten Wassermengen liefern. Man darf dabei die von Eytelwein gegebene Formel zum Grunde legen, da auf groſse Genauigkeit der Rechnung nicht ankommt.

$$m = 5{,}04 \,.\, d^2 \sqrt{\frac{50 \,.\, H \,.\, d}{l + 50 \,.\, d}}$$

so

$$H = \frac{(l + 50 \,.\, d)\, m^2}{1270 \,.\, d^5}$$

und führt man für d den gefundenen Werth ein, so erhält man

$$H = \frac{(l + 28{,}2)\, m^2}{72{,}54}$$

hiernach sind die in der vierten Spalte der vorstehenden Tabelle angegebenen Werthe von H berechnet. Addirt man zu denselben die jedesmalige Länge l, so findet man die ganze Druckhöhe, die bei jeder Beobachtung das Steigen des Wassers veranlaſste. Die letzte Spalte bezeichnet diese.

Man bemerkt, wie der Druck in der wasserführenden Erdschicht sich sehr bedeutend, aber ziemlich regelmäſsig mit der Zunahme der ausfliefsenden Wassermenge vermindert. Die Erscheinung ist daher ganz analog der Abnahme der Dampfspannung, wenn der Kessel undicht wird und ein Theil des Dampfes durch die geöffneten Fugen entweicht. Trägt man die Wassermengen m und die Druckhöhen $H + l$ nach diesen Beobachtungen als Abscissen und Ordinaten auf, so bemerkt man, daſs die Endpunkte der letzteren nahe in eine gerade Linie fallen, die keine Krümmung nach einer oder der andern Seite entschieden erkennen läſst. Verlängert man diese Linie in ihrer wahrscheinlichsten Richtung, so ergiebt sich für $m = o$ der Werth von $H + l$ ungefähr 2000 Fuſs, und hieraus dürfte man schlieſsen, daſs in der Höhe von 290 Fuſs über der Sohle des erwähnten Bruches der Abfluſs ganz aufhört, oder eine solche Höhe der Wassersäule, dem Drucke in der wasserführenden Erdschicht entspricht, wenn dieselbe angebohrt war. Diese Folgerung ist indessen sehr zweifelhaft, da nicht zu verkennen, daſs die sämmtlichen Beobachtungen von dem Punkte, wo die volle Druckhöhe erreicht wird,

noch weit entfernt sind, also die Verlängerung der Linie bis zu demselben sehr gewagt ist.

Hierbei mufs noch erwähnt werden, dafs in neuerer Zeit der französische Ingenieur Michal diese Verhältnisse in ganz andrer Art erklärt hat. *) Derselbe geht von der Voraussetzung aus, die Wassermasse, welche sich in der Erde bewegt, sei so grofs, dafs der Abflufs durch das Bohrloch den Druck nicht vermindert, und die scheinbare Abnahme des Druckes nur von den Oscillationen und dem Gegendrucke der auf der Röhre ruhenden kegelförmigen Wassermasse herrührt, welche bei gröfserer Ergiebigkeit der Bewegung um so mehr entgegentritt. Die darüber ausgeführte Untersuchung ergiebt freilich eine gewisse Uebereinstimmung in den an den Brunnen von Grenelle und bei Passy angestellten Beobachtungen, doch kann diese auch zufällig sein und die ganze Auffassung der Erscheinung wie auch die theoretische Begründung derselben ist nicht überzeugend.

Es ist begreiflich, dafs reiche Quellen, wenn sie unerwartet angebohrt werden, grofse Verlegenheit veranlassen können. Hiervon giebt es mehrfache Beispiele. Héricart de Thury erzählt, dafs bei einem Bohrversuche in England das Wasser plötzlich so heftig hervordrang, dafs es nicht nur einen Garten überschwemmte, sondern auch die Keller in der Nähe anfüllte. Die Röhre liefs sich aber nicht absperren, indem der Pfropfen immer mit grofser Heftigkeit herausgeworfen wurde, bevor man ihn fest eintreiben konnte. Es glückte jedoch, schwache Ringe oder dünne Röhrenstücke einzuschlagen, und dadurch nach und nach die Mündung zu verengen, bis sie zuletzt ganz geschlossen wurde. In Tooting dagegen, wo das plötzlich ausbrechende Wasser die benachbarten Grundstücke inundirte, gelang es zwar, einen starken Pfropfen in die Röhre einzutreiben und dadurch den eigentlichen Artesischen Brunnen zu sperren, aber hierauf drang das Wasser ringsumher aus dem Boden hervor und drohte alle umstehenden Gebäude zu zerstören. Man mufste sich beeilen, die Oeffnung wieder frei zu machen und durch Rinnen und Gräben für den Abflufs des Wassers zu sorgen. Ein ähnlicher Fall ereignete sich auch ohnfern der Eisenbahn-Station Güldenboden in der Nähe von Elbing.

Indem man bei Ausführung der Artesischen Brunnen gemeinhin

*) *Annales des Ponts et Chaussées* 1866. *I. sémestre pag.* 211.

9. Artesische Brunnen im Allgemei

die Lagerungs-Verhältnisse der Bodenschichten nicht nnt, also auch nicht weifs, in welcher Tiefe man die w nde Schicht antreffen wird, so empfiehlt es sich, das Gest die sonstigen Apparate in der Art vorzubereiten, dafs man sti- gen Falle ohne grofsen Aufenthalt das Bohrloch tiefer n kann. Häufig ist der Zufluſs aus einer wasserführenden Schich geringe, als dafs er dem Bedürfnisse entspricht und alsdann m gleichfalls die Arbeit fortgesetzt werden, um in einer tieferen ht einen sicheren Quell zu eröffnen. In dieser Weise werden zuweilen meh- rere wasserführende Schichten durchbohrt, und es kann nicht fehlen dafs man mitunter auch Schicht rer Zusammen- setzung wasserleitend sind, die nicht gespeist werden, wohl aber am untern Er urch diese kann augenscheinlich das Bohrloch si , wohl aber wird das in demselben befindliche Wasse n. Es stellt sich alsdann ein Brunnen dar, der n t r liefert, sondern solches aufnimmt und abführt, man nennt i einen absorbirenden oder auch wohl einen negativen Brunnen. In Frankreich hat man solche mehrfach mit grofsem Nutzen angewendet.

Diese letzte Art Artesischer Brunnen ist indessen keineswegs von den gewöhnlichen wesentlich verschieden. Wie bereits erwähnt, gibt es jedesmal eine gewisse Höhe der Wassersäule, die dem Drucke der wasserführenden Schicht entspricht. Erhebt sich die Steigehöhe nicht bis zu dieser Höhe, so fliefst das Wasser über, im entgegengesetzten Falle kann man durch den Brunnen Wasser ableiten. Derselbe Brunnen wird also unter Umständen Wasser geben, und wieder verschlucken. Ob dieses oder jenes geschieht, hängt gemeinhin nur davon ab, ob das Terrain neben dem Brunnen unter oder über demjenigen Niveau liegt, welches dem hydrostatischen Gleichgewichte entspricht.

Die absorbirenden Brunnen sind in mancher Beziehung so wichtig, dafs eine kurze Erwähnung der dabei wahrgenommenen Erscheinungen nicht umgangen werden kann. Zu St. Denis hatte man einen Artesischen Brunnen angelegt, dessen Wasser nicht den gesuchten Grad von Reinheit besafs und welches überdiefs in solcher Menge hervorbrach, dafs namentlich im Winter die Passage auf den Strafsen beschwerlich und bei eintretendem Froste sogar gefährlich wurde. Die städtische Behörde wollte schon den Brunnen

wieder schliefsen, als im Jahre 1828 der Ingenieur Mulot sich erbot, alle Uebelstände zu beseitigen, ohne dafs der Brunnen eingehn dürfe. Dieses gelang in der That und es wurde ein Brunnen dargestellt, der zu den interessantesten gehört, die überhaupt vorkommen. Mulot benutzte zuerst eine absorbirende Schicht, deren Tiefe jedoch nicht angegeben ist, um das überflüssige Wasser fortzuschaffen. Die Bohrung wurde alsdann weiter fortgesetzt, und in der Tiefe von 157 Fufs fand er dieselbe reiche Wasserader, die schon früher benutzt war. Er ging aber noch weiter und schlofs in der Tiefe von 207 Fufs einen Quell von grofser Reinheit auf, der jedoch nicht stark genug war, um den ersten ganz entbehrlich zu machen. Eine Röhre von 3 Zoll Weite führt den letzten Quell herauf und liefert sonach das Wasser zum Trinken und Kochen. Diese Röhre steckt in einer andern, die 4 Zoll weiter ist, und das minder reine Wasser in ein Becken leitet, welches zugleich den ersten Quell aufnimmt, insofern er nicht benutzt wird. Das erwähnte Becken giefst endlich das überflüssige Wasser in ein darunter befindliches Reservoir, und dieses wird durch eine 11 Zoll weite Röhre, welche die beiden andern einschliefst, in die absorbirende Schicht gegossen. So steigt das Wasser an derselben Stelle aus zwei verschiedenen Tiefen herauf, und wird wieder in den Boden zurückgeleitet *).

In diesem Falle hatte man der absorbirenden Schicht nur reines Wasser zugeführt, wenige Jahre später versuchte man auch, auf dieselbe Art unreines Wasser abzuleiten. Der Abgang und das Spühligt einer Stärkefabrik zu Villetaneuse, einem Flecken ohnfern St. Denis, verunreinigte die Brunnen in der Nachbarschaft und nicht minder den Bach Enghien, worüber weit und breit Klagen erhoben wurden. Der Versuch, dasselbe durch Senkgruben fortzuschaffen, mifsglückte, und deshalb wurde im Jahre 1831 ein Ausschufs des Gesundheitsrathes mit der nähern Untersuchung der Angelegenheit beauftragt. Derselbe erkannte es für nothwendig, das schmutzige Wasser auf irgend eine Weise zu entfernen, und machte zugleich den Vorschlag, es in Bohrlöcher zu versenken. Der Ingenieur Mulot übernahm wieder die Ausführung, und es gelang demselben, in

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1833. II. *p.* 314.

9. Artesische Brunnen im Allgemein

der Tiefe von 204 Fufs den gewünschten Abfluſs zu eröff
rend des Winters von 1832 auf 1833 verschluckte d
täglich 2570 Cubikfufs oder in 33 Secunden einen Cubikfu
weder von den nächsten Nachbarn, noch sonst irgend
schwerde erhoben wurde. Nachdem dieser günstige Erfolg bekannt geworden war, wurde bald bei einer andern Anlage gleichfalls in der Nähe von Paris dasselbe versucht, und zwar unter Umständen, die viel bedenklicher erschienen. In dem Bois de Bondy ohnfern des Ourcq-Canals, 4 Lieues von Paris, bestand nämlich seit geraumer Zeit eine Poudretfabrik, welche aus den Cloaken von Paris das Material bezieht und weit und breit um sich die Luft verpestete, auch das Wasser des Crou-Baches inficirte, der bei St. Denis in die Seine fliefst. Zur Einrichtung eines bequemen Betriebes der Fabrik wurde hier wieder durch Mulot, ohne dafs die Genehmigung dazu eingeholt war, ein absorbirendes Bohrloch eröffnet, welches innerhalb 24 Stunden über 4000 Cubikfufs oder in 22 Secunden einen Cubikfufs von dem höchst unreinen Wasser verschluckte. Als die Polizeibehörde hiervon Kenntnifs erhielt, liefs sie aus Besorgnifs, dafs alle Artesische Brunnen bei Paris dadurch verunreinigt werden möchten, die Benutzung des Bohrloches einstellen und es wurde eine Commission zur Untersuchung des Gegenstandes niedergesetzt. Das Gutachten derselben sprach sich unbedingt für die Beibehaltung der Anlage aus. Manche Beispiele zeigten nämlich, dafs die wasserführenden Schichten, wenn sie verunreinigt werden, ihren Einfluſs nur auf die nächsten Umgebungen erstrecken, und besonders ergab sich dies am Irrenhause in Bicètre, wo man den Urin, Spühligt und dergleichen von 4000 bis 6000 Menschen seit dem Jahre 1810 in die zweite wasserführende Schicht geleitet hat, ohne dafs die Brunnen in der Nähe, die nach ihrer Tiefe zu urtheilen, durch dieselbe Schicht gehen, eine Spur von Verunreinigung zeigen. Hiernach war nicht zu erwarten, dafs ein nachtheiliger Einfluſs sich bis nach Paris erstrecken könne. Bei Ausführung dieses Bohrloches hatte Mulot in der Tiefe von 125 bis 145 Fufs in klüftigem Kalk eine absorbirende Schicht gefunden, die jedoch in 24 Stunden nur 1600 bis 2000 Cubikfufs aufnahm, dagegen fand sich in der Tiefe von 210 bis 240 Fufs eine Sandschicht, welche die erwähnte Masse verschluckte. Es ist auffallend, dafs die Capacität des Bohrloches nach

der Eröffnung desselben sehr schnell und ziemlich regelmäfsig zunahm *), dasselbe absorbirte nämlich

zu Ende März 1834	täglich	3460	Cubikfufs
Anfang April	- -	4430	-
Mitte April	- -	4750	-
Ende April	- -	4750	-
Anfang Mai	- -	5070	-

Das Vertrauen zu Anlagen dieser Art nahm schnell zu, und im Jahre 1834 liefs der Magistrat von Paris drei absorbirende Brunnen an den Thoren du Combat, de Saint-Mandé und de la Cunette ausführen. Der erste, der hauptsächlich einen sumpfigen District, dem die natürliche Entwässerung fehlt, trocken legen sollte, war in demselben Jahr durch Mulot auf 258 Fufs herabgetrieben und im folgenden Winter stellte man Versuche über seine Capacität an. Diese gaben das überraschende Resultat, dafs er in einer Stunde 1620, 2260 und zuletzt sogar 3240 Cubikfufs, oder in einer Secunde bis $\frac{1}{16}$ Cubikfufs Wasser verschluckte. Die Weite der Röhre war nach der Tiefe verschieden, sie betrug zum Theil nur 5 Zoll. Man versuchte auch durch einen aufrecht schwimmenden Maafsstab die Erhebung des Wasserspiegels im Bohrloche während des Zuflusses zu beobachten, doch gelang es nicht, hierüber zu einem entscheidenden Resulte zu kommen, weil der Schwimmer von dem abwärts gerichteten Strome heruntergezogen wurde. **)

In Bezug auf den ersten Zweck der Artesischen Brunnen, nämlich die Zuleitung von Wasser, mufs noch auf die verschiedenartige Benutzung desselben hingewiesen werden. Wenn durch dieses in einzelnen Fällen auch Mühlen und andre kleine Maschinen getrieben werden, so ist diese Verwendung doch nur von untergeordneter Bedeutung. Wichtiger ist es, dafs man zuweilen durch passende Zuleitung dieses Wassers, das wegen der grofsen Tiefe, aus der es tritt, auch im Winter eine höhere Temperatur behält, das Eis aus den Radstuben beseitigt, wie dieses namentlich in einer Papier-Fabrik bei Heilbronn geschieht.

---

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1833. II. *p.* 324 ff. und 1835. I. *p.* 126. Nach spätern mir gemachten Mittheilungen hat der Brunnen nach wenig Jahren zu wirken aufgehört.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1835. II. *p.* 362.

Die Versuche, durch Artesische Brunnen dem Wassermangel in Canälen und Hafenbassins abzuhelfen, haben überall unzulängliche Resultate gegeben. Dieses war sowol bei dem Hafen St. Ouen bei Paris der Fall, wie auch nach Seaward's Mittheilung bei einigen Canälen in und neben London. In gleicher Weise zeigte sich kein merklicher Erfolg, als man den nunmehr eingegangenen Max-Clemens-Canal bei Münster durch Artesische Brunnen speisen wollte.

Vielfach werden die Artesischen Brunnen zur Bewässerung von Gärten und anderer Culturen benutzt, ihr wichtigster Zweck bleibt aber unbedingt die Beschaffung von reinem Wasser für verschiedene industrielle Etablissements und vorzugsweise für den häuslichen Bedarf. In letzter Beziehung tritt ihr grofser Werth besonders in solchen Gegenden hervor, wo gewöhnliche Brunnen entweder gar kein Wasser oder nur unbrauchbares liefern. Der noch im Bau begriffene Norddeutsche Kriegshafen an der Mündung der Jade ist in meilenweiter Entfernung nur von niedrigen Marschen umgeben, die durch Alluvionen im Meere gebildet, die Bestandtheile des Seewassers noch so reichlich enthalten, dafs das Wasser in gewöhnlichen Brunnen, die man hier ausführen könnte, für den häuslichen Gebrauch ganz ungeeignet wäre. Es war hier üblich, neben den Gehöften tiefe Gruben auszuheben, die durch Thonschlag gedichtet waren, und welche sich beim Regen anfüllten. Indem aber die Verunreinigung nicht verhindert war, so konnte man das Wasser nicht trinken, wenn es auch zum Kochen benutzt wurde. Beim Beginne des Hafenbaues wurde zunächst eine grofse ausgemauerte und überwölbte Cisterne in dem Dienstgebäude der Bau-Beamten ausgeführt, welche durch die Dachrinnen gespeist, bei dem damaligen noch geringen Bedürfnisse und bei den starken Niederschlägen in dortiger Gegend sich als genügend erwies. Später mufste indessen in andrer Weise gesorgt werden, und da das nächstgelegene höhere Terrain in den Umgebungen von Jever über eine Meile entfernt ist, auch die dortigen Brunnen nur spärlich Wasser sammeln, so schien es nothwendig mit Artesischen Brunnen den Versuch zu machen. Der erste Bohrversuch, in den Jahren 1856 und 1857 ausgeführt, und etwa bis auf 200 Fufs Tiefe fortgesetzt, gab kein Resultat und mufste aufgegeben werden, da die Futterröhre so beschädigt war, dafs sie weder weiter herabgetrieben, noch eine andere darin eingeschoben werden konnte.

Im Jahre 1862 wurde ein zweiter Versuch an einer andern Stelle des Hafengebietes begonnen, nachdem Seitens der Bergbehörde die gutachtliche Aeufserung dahin abgegeben war, dafs der Erfolg zwar keineswegs ganz sicher, es aber dennoch wahrscheinlich sei, dafs die Kreide, die bei Braunschweig und Helgoland, so wie auch an manchen zwischenliegenden Punkten zu Tage tritt, und die man in Glückstadt in der Tiefe von 480 Fufs angebohrt hat, auch hier durchstreiche, und man daher hoffen dürfe, über oder in ihr Quellen zu finden, die von viel höher liegenden Gegenden gespeist werden. Man erwartete, in der Tiefe von 400 bis 500 Fufs die wasserhaltende Schicht zu erreichen.

Mit einer 24 Zoll weiten Röhre wurde der Anfang gemacht, jedoch diese nur bis auf 12 Fufs durch die Dargschicht getrieben. Hierin wurde ein 18zölliges Rohr gestellt, welches 34 Fufs tief eindrang. Den weiten Zwischenraum zwischen beiden vergofs man mit dünnflüssigem Cement, um das unreine Wasser aus den obern Erdschichten abzuhalten. Nunmehr wurde eine 14zöllige, alsdann eine 12zöllige, ferner eine 10zöllige, in diese eine 8zöllige und darin wieder eine 6zöllige Röhre eingeschoben. Mit der letzteren erreichte man endlich in der Tiefe 636 Fufs einen Quell süfsen Wassers, der nicht nur die ganze Röhre füllte, sondern auch etwa 3 Fufs über der allgemeinen Terrainhöhe abfloſs.

Das Resultat war wegen der sehr geringen Wassermasse keineswegs befriedigend, nämlich 350 Cubikfufs in 24 Stunden, oder in 4 Minuten nahe 1 Cubikfufs, aber es erweckte doch die Hoffnung, dafs man auf diesem Wege das Bedürfnifs befriedigen könne. Das Wasser ist so rein, dafs es als Trinkwasser benutzt wird, wenn es auch eine geringe Masse Salz enthält, nämlich etwa $\frac{1}{4}$ Procent. In dieser Beziehung soll es aber seit Eröffnung des Brunnens sich schon merklich verbessert haben.

Gegenwärtig hat man einen zweiten Brunnen in geringer Entfernung vom ersten und zwar in gröfseren Dimensionen abgeteuft, der aber in der Tiefe von 687 Fufs die wasserführende Schicht noch nicht erreicht hat. Man schliefst hieraus, dafs derselbe die Ergiebigkeit des ersten Brunnens nicht vermindern wird.

Wenn die Wassermenge eines Artesischen Brunnens dem Bedürfnisse nicht entspricht, so läfst sich dieselbe dadurch etwas vergröfsern, dafs man das Niveau in der Steigeröhre senkt, und hier-

durch, wie sich aus Obigem ergiebt, den Zufluſs aus der wasserführenden Schicht verstärkt. Man hat in England mehrfach dieses Mittel mit Erfolg angewendet, indem man aus der Röhre einen Abfluſs nach einem weiten Brunnenkessel eröffnet, der durch eine Schöpfmaschine ausgepumpt wird.

Endlich sind die Artesischen Brunnen auch vielfach benutzt worden, um aus Steinsalzlagern in groſser Tiefe eine reiche Soole zu gewinnen, welche das Gradiren ganz oder theilweise entbehrlich macht. Dieses ist z. B. bei Rehme ohnfern Minden in dem Bade Oynhausen geschehn. Es sind daselbst zwei Brunnen etwa 2000 Fuſs tief gebohrt, von denen der zweite nur für die Soolbäder benutzt wird, die er sämmtlich speist, ohne daſs dabei eine Schöpfmaschine erforderlich wäre. Indem jedoch diese Bäder mit sehr seltenen Ausnahmen nur während des Sommers benutzt werden, so hat man sich bemüht, während der übrigen Zeit den Brunnen zu schlieſsen, um die werthvolle Soole nicht zwecklos abflieſsen zu lassen. Dieser Versuch ist jedoch bis jetzt noch nicht geglückt, da man bei dem sehr starken Wasserdrucke die Vorrichtung, woran sich der Ablaſshahn befindet, nicht sicher und hinreichend dicht schlieſsend befestigen konnte.

Beim Vortreten der Soole findet häufig auch ein starkes Ausströmen von Gas statt. Im Bade Oynhausen wird kohlensaures Gas in einem Gasometer aufgefangen, und dieses leitet man in besondere Räume der Badehäuser. Auf der Saline Gottesgabe bei Rheine an der Ems giebt dagegen das Bohrloch Kohlenwasserstoffgas, das zur Beleuchtung und zum Kochen verwendet wurde.

§. 10.

Artesische Brunnen: das Gestänge.

Die Ausführung der Artesischen Brunnen wird vorzugsweise durch die groſse Tiefe derselben erschwert, die nicht gestattet, die Bohrer und sonstigen Apparate unmittelbar zu fassen und ihnen die gehörige Richtung und Haltung zu geben, dieses muſs vielmehr durch Vermittelung des Gestänges oder auch eines Seils von hunderten und selbst tausenden Fuſs Länge geschehn. Das Bohrloch soll aber

immer senkrecht gehalten werden und einen bestimmten und regelmäfsigen Querschnitt haben, weil sonst der Bohrer nicht gehörig wirken könnte, auch die Einführung der Futter- und Steigeröhren unmöglich würde. Dazu kommt noch, dafs der Boden oft von sehr wechselnder Beschaffenheit ist, so dafs man bald auf Sand und bald auf feste Geschiebe trifft, von denen der erstere eine Ausfütterung verlangt und die letzten nicht mit gewöhnlichen Erdbohrern, sondern mit Meifseln durchstofsen werden müssen, und dafs vielleicht unter diesen wieder eine lose Schicht, oder ein bröckelndes Gestein liegt, welches die Einbringung von Futterröhren aufs Neue fordert. Den gröfsten Uebelstand bilden die Zufälligkeiten, die bei solcher Arbeit unvermeidlich sind. Einzelne Theile des Apparats brechen und bleiben im Bohrloche stecken, hin und wieder fallen Schrauben oder andere Stücke herab, die bereits eingesetzten Futterröhren werden beschädigt und dergleichen mehr. Auf solche Art ist der Erfolg dieser Anlagen immer weit unsicherer, als der von andern Bauwerken, und dieses nicht nur in Bezug auf die Tiefe, worin die Quellen angetroffen werden, sondern auch auf die Arbeit selbst. Wenn bei geschickter Leitung und bei hinreichenden Geldmitteln diese Schwierigkeiten auch meist zu überwinden sind, bleiben die vielfachen unerwarteten Unterbrechungen doch überaus störend. Anfangs schreitet das Bohren sehr schnell vor, doch bald werden alle Operationen viel zeitraubender, und in der Tiefe von einigen Hundert Fufs pflegt man täglich kaum einen Fufs zu gewinnen, und dabei werden die zufälligen Störungen immer häufiger und bedenklicher. Bricht in grofser Tiefe ein Theil des Apparats und stürzt in das Bohrloch herab, so müssen zahllose Versuche gemacht werden, das verlorne Stück wieder zu fassen. Eine Methode, deren Erfolg ganz sicher wäre, giebt es nicht und bei der unendlichen Mannigfaltigkeit der Zufälle, die hierbei eintreten können, und die man von oben her auch nicht immer zu beurtheilen im Stande ist, bleibt nur übrig, ein und das andere Mittel zu versuchen, bis es oft nach Wochen und selbst nach Monaten gelingt, das verlorne Stück zu fassen und zu heben.

Beim Bohren werden zwei wesentlich verschiedene Methoden angewandt, nämlich entweder mit festem Gestänge, oder mit dem Seile. Nach der ersteren wird der Stiel des Bohrers bei der zunehmenden Tiefe des Bohrloches nach und nach durch angesetzte

besten Material und sorgfältig bearbeitet sein. Die Stange jedesmal einen quadratischen Querschnitt, damit sie an jeder S dem Schlüssel sicher gefafst und gedreht werden können. Ihr ist von der Länge und zum Theil auch von der Weite des Bo und manchen Eigenthümlichkeiten des Bodens abhängig, d gröfseren oder minderen Widerstand bedingen. Der gering schnitt eines Gestänges, welches dauernd benutzt werden trägt 1 Quadratzoll, für gröfsere Tiefen von etwa 200 Fufs Seite des Quadrates schon 1¼ Zoll zu messen, und 1½ Zo man gegen 1000 Fufs herabgehn will. Beim Bohrapparat Schlachthause von Grenelle zu Paris angewandt wurde, Querschnitt des Gestänges beinahe 4 Quadratzoll.

Man könnte meinen, dafs bei gröfserer Tiefe nur d Glieder verstärkt werden dürfen, doch lehrt die Erfahrung, untern der Gefahr des Biegens immer am meisten ausgese und daher pflegt man in Frankreich, wenn man nicht einen Querschnitt wählt, diesen sogar in den untern Gliedern zu ken. Bei dem ersten in Artern herabgeführten Bohrloch gröfste Theil des Gestänges nur den Querschnitt von 1 Qu während die untern Stangen 1¼ Zoll in der Seite hielten, do das Gestänge hier auch besonders stark angegriffen.

Die Länge der einzelnen Glieder pflegt man um s anzunehmen, je tiefer voraussichtlich das Bohrloch abzut weil alsdann wegen der schwierigeren und ausgedehntere die Einrichtungen vollständiger getroffen werden müssen un Bohrthürme nicht zu vermeiden sind. In neuerer Zeit g aber den Gliedern gewöhnlich die Länge von 20 bis 30 F rend einzelne kürzere Glieder nach Bedürfnifs aufgesteckt damit das Gestänge beim Bohren nicht zu weit die Mün Bohrloches überragt.

Die Art der Verbindung der einzelnen Glieder ist schieden, aber keine derselben entspricht vollständig allen rungen, die man an ein Gestänge macht. Eine Hauptbedin dafs die Theile nicht nur gegen eine zufällige Trennung sind, sondern auch so fest schliefsen, dafs sie nicht schlotte ner mufs eine Drehung des Gestänges wenigstens in einer vorgenommen werden können, es ist aber vortheilhaft, wen genfalls auch rückwärts gedreht werden kann, denn ein festg

hier läßt sich auf diese Art am leichtesten lösen. Sodann
ie Verfahren beim Auseinandernehmen und Zusammensetzen des
ges möglichst einfach und wenig zeitraubend sein, und endlich
noch von großer Wichtigkeit, daß keine kleineren Verbin-
stücke, wie Schraubenbolzen oder Muttern, vorkommen, da diese
in das Bohrloch herabfallen und alsdann nur nach vielfachem
wieder heraufgebracht oder seitwärts gedrängt werden können.
e einfachste und vielleicht auch die beste Art der Verbindung
leiser ist die gewöhnliche Schraube, indem jedes Glied an
Ende mit einer Schraubenspindel und am andern mit einer
versehn ist. Die Schraube darf aber keine schwache Stelle
ränge bilden, vielmehr muß sie denselben Querschnitt, wie
ige Theil des Gestänges haben, woher die Mutter eine ent-
nde Verstärkung oder einen Bundring auf dem Gliede bildet.
man beim scharfen Anziehn der Schraube nur die Oberfläche
ndel gegen den Boden der Oeffnung in der Mutter drücken
so würde die Verbindung nicht fest genug sein, indem theils
he, auf der die Reibung erfolgt, zu klein ist, und theils auch
raubengänge in der Mutter nahe am Boden nicht scharf aus-
ten werden können. Aus diesem Grunde versieht man auch
e Ende des Gliedes, woran die Schraubenspindel sich be-
mit einem Bundringe, und beide äußere Flächen dieser Bünde
abgedreht, so daß beim Anziehn der Schraube zwischen ih-
scharfe Schluß erfolgt. Die Schraubenspindel muß dabei
sein, daß sie den Boden der Mutter nicht berührt, auch
m später erfolgenden tieferen Eindringen nicht dagegen stößt.
e noch innigere Berührung hervorzubringen, werden zuweilen
flächen flach abgedreht, die eine hohl, die andere erhaben,
. 10, und zwar *a* im Durchschnitt und *b* in der Seitenansicht,
Dabei wird noch der Vortheil erreicht, daß nicht nur die
e, sondern auch diese conischen Flächen eine scharfe Cen-
des Gestänges veranlassen.

e fest und einfach diese Verbindung auch immer ist, so tritt
r Uebelstand ein, daß man den Bohrer nicht zurückdrehn
il sich sonst die Glieder lösen. Man hat zwar manche Vor-
n zur Verhütung des Auslösens beim Zurückdrehn vorge-
und zuweilen auch wirklich ausgeführt, dabei wird aber

das scharfe Anziehn der Schraube und dadurch die Fest Steifigkeit des Gestänges beeinträchtigt.

Zuweilen wählt man statt der Schrauben, gabelförmi dungen, wobei das Ende des einen Gliedes das des nächs und mittelst Seitenschrauben gehalten wird. Auch hierb manche Modificationen vor, sowie überhaupt fast bei je Gestänge, auch einige Aenderungen versucht werden. Garnier empfohlne Verbindung, Fig. 11, gestattet das Z des Bohrers. Der gröfste Uebelstand dabei ist das Vork losen Schraubenbolzen und Muttern, von denen die let ohne Nachtheil entbehrt werden können, wenn die Gew hintern Lappen eingeschnitten werden. Wenn man Mutter so müssen die Schraubenbolzen in der Nähe des Kopfe ausgeschmiedet sein, und einen gleichen Querschnitt m die Löcher in dem vorderen Lappen haben, weil sonst be der Muttern die Schraubenbolzen sich drehn würden. F bemerken, wie dieses auch die Figur zeigt, dafs die Bol gegengesetzer Richtung eingesteckt werden, damit sie durch zwei Arbeiter befestigt und gelöfst werden kön mufs erinnnert werden, dafs eine gleichmäfsige Bearb Theile nothwendig ist, damit die einzelnen Glieder nicht ih folge nach ausgesucht werden dürfen.

Das Gestänge darf während des Bohrens nicht auf des Bohrloches ruhen, weil es dabei sich theils biegen, durch sein Gewicht das Drehn verhindern würde. Es h dauernd an der Rüstung und ist mit dem Windetau durch stück oder einen Bohrwirbel verbunden, den Fig. 1 einfachsten Form zeigt. In neuerer Zeit pflegt man die nicht unmittelbar an das Tau, vielmehr an eine etwa 2 Schraubenspindel zu hängen. Man erreicht dabei den Vo man beim Drehn der gewöhnlichen Erdbohrer, um diese greifen zu lassen, nicht mittelst der Winde das Gestänge braucht, sondern hierzu schon die Schraube Gelegenh Fig. 33 auf Taf. III. zeigt diese Vorrichtung.

Soll das Gestänge in die einzelnen Glieder zerleg diesen zusammengesetzt werden, so mufs man das erwä stück beseitigen und dafür das Gestänge in andrer We Besonders bequem und sicher für diesen Zweck ist der Do

g. 13 a und b in der Ansicht von vorn und von der Seite Die Entfernung seiner beiden Arme von einander ist so groß, nur der mittlere Theil eines Gliedes, aber nicht die Verstär- oder der Bundring dazwischen Raum finden. Zur größeren ist werden die beiden Arme an ihren Enden noch mit einem verbunden, um das gefaßte Glied nicht entweichen zu lassen. ken muß übrigens so geformt sein, daß er den Kopf jedes in der Mitte trägt, und nirgend ein Klemmen oder Biegen Der Fig. 14 a und b dargestellte Haken faßt nicht nur f des Gliedes, sondern jede Stelle des Gestänges. Fig. 14 b le er beim Eingreifen eine etwas schräge Lage annimmt, und ls Seitendruck alsdann die nöthige Reibung veranlaßt. Bei lebrauche tritt aber die Gefahr ein, daß er die Stange ver- l man muß daher, während das Gestänge daran hängt, jede rung vermeiden.

neuerer Zeit bedient man sich hierzu vorzugsweise der Ab- lchere, die Taf. III. Fig. 38 dargestellt ist. Die beiden, n Ende durch ein Charnier verbundenen Arme derselben rschen sich, wenn sie geschlossen sind, einen quadratischen ei, der dem Querschnitte des Gestänges entspricht, durch also die Bundringe nich hindurchgleiten können. Damit re sich aber nicht zufällig öffnet, so werden die Arme an m Charnier entgegengesetzten Ende durch einen starken rf zusammengehalten. Beim Heben oder Senken des Ge- uht die Schere auf dem obern Ende der Bohrröhre, über ie auf beiden Seiten noch übertritt.

man das Gestänge ausheben, dessen oberes Ende jedesmal Windetau hängt, so hebt man es mittelst des letzteren so ls der Bundring, der sich zunächst unter dem zu lösenden findet, über die Bohrröhre tritt, und faßt diesen Ring mit re oder dem Doppelhaken. Alsdann kann man den frei den Theil, der aus einem oder zwei Gliedern besteht, lösen en Bohrthurm stellen. Dieselbe Operation wiederholt sich en der folgenden Theile. Damit aber dieselbe Winde beim gen Heben des Gestänges benutzt werden kann, und die icht gewechselt werden dürfen, versieht man zuweilen das de jedes Gliedes mit zwei Bundringen, so daß jeder der- esonders gefaßt werden kann. Hierdurch wird das wieder-

das scharfe Anziehn der Schraube und dadurch die Festigkeit u Steifigkeit des Gestänges beeinträchtigt.

Zuweilen wählt man statt der Schrauben, gabelförmige Ver dungen, wobei das Ende des einen Gliedes das des nächsten um und mittelst Seitenschrauben gehalten wird. Auch hierbei kom manche Modificationen vor, sowie überhaupt fast bei jedem a Gestänge, auch einige Aenderungen versucht werden. Die v Garnier empfohlne Verbindung, Fig. 11, gestattet das Zurückz des Bohrers. Der gröfste Uebelstand dabei ist das Vorkommen losen Schraubenbolzen und Muttern, von denen die letzten je ohne Nachtheil entbehrt werden können, wenn die Gewinde in hintern Lappen eingeschnitten werden. Wenn man Muttern anwe so müssen die Schraubenbolzen in der Nähe des Kopfes vier ausgeschmiedet sein, und einen gleichen Querschnitt müssen a die Löcher in dem vorderen Lappen haben, weil sonst beim An der Muttern die Schraubenbolzen sich drehn würden. Ferner is bemerken, wie dieses auch die Figur zeigt, dafs die Bolzen in gegengesetzer Richtung eingesteckt werden, damit sie gleichz durch zwei Arbeiter befestigt und gelöfst werden können. D mufs erinnnert werden, dafs eine gleichmäfsige Bearbeitung i Theile nothwendig ist, damit die einzelnen Glieder nicht ihrer Rei folge nach ausgesucht werden dürfen.

Das Gestänge darf während des Bohrens nicht auf der S des Bohrloches ruhen, weil es dabei sich theils biegen, theils durch sein Gewicht das Drehn verhindern würde. Es hängt d dauernd an der Rüstung und ist mit dem Windetau durch ein K stück oder einen Bohrwirbel verbunden, den Fig. 12 in s einfachsten Form zeigt. In neuerer Zeit pflegt man diesen je nicht unmittelbar an das Tau, vielmehr an eine etwa 2 Fufs l Schraubenspindel zu hängen. Man erreicht dabei den Vortheil, man beim Drehn der gewöhnlichen Erdbohrer, um diese tiefer greifen zu lassen, nicht mittelst der Winde das Gestänge zu se braucht, sondern hierzu schon die Schraube Gelegenheit b Fig. 33 auf Taf. III. zeigt diese Vorrichtung.

Soll das Gestänge in die einzelnen Glieder zerlegt oder diesen zusammengesetzt werden, so mufs man das erwähnte K stück beseitigen und dafür das Gestänge in andrer Weise fa Besonders bequem und sicher für diesen Zweck ist der Doppelha

holte Anbringen des Kopfstückes vermieden. Beim Herablassen des Gestänges wiederholt sich dasselbe Verfahren in umgekehrter Reihenfolge.

Ueber das Anknüpfen eines starken Taues an einen eisernen Ring oder Haken mag hier gleich das Nöthige bemerkt werden. Wollte man das Tau unmittelbar um den eisernen Ring schlingen, so würden bei der scharfen Biegung des Taues die Fäden sehr ungleich gespannt werden, und indem die am stärksten gespannten bald zerreifsen, so könnte nach und nach alle Theile des Taues zum Bruche, und der ganzen Verbindung fehlte die nöthige Festigkeit. Aufserdem aber würde bei jeder Bewegung auch der Ring gegen das Tau reiben und letzteres leicht abnutzen. Aus diesen Gründen pflegt man nicht nur in vorliegenden Falle, sondern bei jeder dauernden Benutzung von Hebezeugen die in Fig. 14 Taf. I. dargestellte Vorrichtung anzuwenden, die man eine Kausche nennt. Sie besteht aus einem Ringe von Eisenblech von 2 bis 3 Zoll Durchmesser, doch ist das Blech, bevor es zum Ringe gebogen wird, als flache Rinne ausgeschmiedet worden. In diese wird das Tau gelegt. Die Befestigung oder das Anknüpfen des Taues geschieht, wie Fig. 14 *b* zeigt, durch einmaliges Umschlingen, also durch einen halben Knoten oder einen einfachen Schlag. Nachdem das Tau umgelegt ist, klopft man die scharfe Windung bei *B* mit einem hölzernen Hammer möglichst fest, während man bei *A* das Tau hält, und zieht alsdann das kurze Ende herauf und bindet es mit einer dünnen Leine scharf gegen das längere. Diese Verbindung ist nicht nur vollkommen sicher, sondern auch so fest, dafs die Kausche immer scharf eingeklemmt bleibt und daher gegen das Tau nicht reiben kann.

Zum Drehen des Gestänges bedient man sich eines Hebels, der doppelarmig sein mufs, weil ein einarmiger das Gestänge verbiegen würde. Fig. 15 *a* und *b* auf Taf. II. zeigen in der Ansicht von der Seite und von oben einen solchen Hebel, der aus Holz besteht. Derselbe wird auf das Gestänge von oben aufgesteckt, und die Oeffnung *A* ist so geräumig, dafs sie nicht nur über die einzelnen Glieder, sondern auch über die Verbindung von zweien geschoben werden kann. Damit das Holz nicht spaltet, sind zwei eiserne Ringe *B* aufgetrieben, und in dem einen derselben ist ein Einschnitt von der Gröfse des Querschnittes des Gestänges angebracht, worin dieses beim Einstellen gelegt wird (Fig. 15 *b*). Ist

geschehn, so schliefst man die Oeffnung *A* mit einem höl-
Keile *C* und treibt denselben fest ein. Dieser Hebel wurde
mier empfohlen, doch bedient man sich in neuerer Zeit ge-
ich eines eisernen. Einen solchen und zwar, wie er in Frank-
gewendet wurde, zeigt Fig. 16. Derselbe ist nicht nur sehr
, sondern gewährt auch den Vortheil, dafs gar keine losen
dabei vorkommen. Es trifft sich indessen zuweilen, dafs man
sehr grofse Kraft anzuwenden gezwungen ist. In diesem Falle
man noch lange Hebel, wie Schraubenschlüssel geformt, in
haft halten. Ein solcher ist Fig. 17 dargestellt. Letztere
auch zur Zusammensetzung des Gestänges benutzt, falls die
durch Schrauben verbunden sind.

Wenn die Tiefe des Bohrloches sehr grofs und ein festes Ge-
durchfahren ist, das nur durch fortgesetztes Aufstofsen der
Bohrer zerbröckelt werden kann, so treten bei An-
des bisher beschriebenen fest verbundenen Gestänges we-
Schwierigkeiten ein, indem theils die zu hebende Masse
sehr grofsen Kraftaufwand erfordert, theils aber das Gestänge,
es sich bei jedem Stofse plötzlich auf sein unteres Ende oder
den Bohrer aufstellt, heftigen Erschütterungen und vielfachen
Beschädigungen ausgesetzt wird. Dazu kommt noch, dafs der Stofs
des Bohrers in Folge der Wirkung des schweren Gegengewichtes,
das bei dieser Art der Bewegung nicht vermieden werden kann,
weniger scharf und kräftig ist, als wenn ein leichteres Gestänge
bei herabfällt.

Man setzt aus diesen Gründen die langen Gestänge, und zwar
wenn die Bohrer durch den Stofs wirken sollen, aus zwei ver-
schiedenen Theilen zusammen, die zwar mit einander verbunden
sind, so dafs beim Herausziehn des obern, der untere mit gehoben
wird, die jedoch innerhalb gewisser Grenzen sich unabhängig von
einander bewegen können. Indem der obere Theil, der viel länger,
als der untere ist, auf diese Art vor Erschütterungen geschützt wird,
so ist es zulässig, demselben einen geringeren Querschnitt zu geben,
als ein in gewöhnlicher Weise zusammengesetztes Gestänge erfordert
haben würde. Man hat denselben Zweck auch auf andre Art zu
erreichen versucht, namentlich durch Anwendung von hölzernen Lat-
ten und eisernen Hohlcylindern statt der eisernen Stangen. In bei-
den Fällen tritt aber bei dem Eintauchen in das Wasser, das sich im

Bohrloche sammelt, eine bedeutende Verminderung des ein. Ein solches Hohlgestänge von 1¼ Zoll lichter Weite nien Wandstärke wurde bei der Ausführung des ersten I bei Rehme angewendet.

Passender war die bereits erwähnte Trennung des die von Oynhausen bei Ausführung desselben Bohrbrunn falls vornahm. Um nämlich das Gestänge den Erschütter Aufstofsen der Bohrer zu entziehn, wurde der untere etw lange und besonders stark construirte Theil an ein s Wechselstück gehängt. Dieses besteht, wie Fig. 34 auf Taf. III in der Seitenansicht und im Querschnitt zeigt, aufgeschlitzten starken Röhre, die etwa 2 Fufs lang ist u durchgreifenden Armen versehene Stange umfafst. Let sich auf und ab bewegen, und legt sich beim Heben des mit ihren Armen auf den untern Ring auf. Bei dieser wird nur der untere Theil des Gestänges von der Erschütte Aufstofsen des Bohrers getroffen.

Um ferner den untern Theil des Gestänges ganz fre abhängig von dem obern herabfallen zu lassen, hat man sogenannte Fallstück an Stelle des Wechselstückes b unterscheidet sich von diesem dadurch, dafs die erwäh zwar in den Schlitzen frei herabfallen, aber beim Anheb stänges durch Seiten-Ansätze zurückgehalten werden, s nicht auf dem untern Ringe aufliegen. Sobald daher mung beseitigt wird, so fällt der untere Theil mit dem herab, während der obere Theil des Gestänges ihm lan Die Darstellung und Lösung dieser Hemmung ist auf v Weise versucht worden. Am einfachsten erfolgt sie dad das Gestänge nach der einen, oder der andern Seite durch meister etwas gedreht wird, und zwar so rasch, dafs d gung sich auf den untern Theil nicht überträgt.

Von grofser Wichtigkeit ist es, die Länge jedes einz des vom Gestänge so wie auch jedes Bohrers sorgfältig damit man jederzeit bis auf einen Zoll genau angeben ka cher Tiefe der Bohrer arbeitet. Wenn man auch im A hierauf schon grofse Aufmerksamkeit zu verwenden pfleg Fortgang der Arbeit zu controlliren, so ist dieses doch nöthig, sobald man gebrochene oder gelöste und her

Theile des Apparates fassen und heben will, oder wenn man festen Geschieben begegnet.

§. 11.

Artesische Brunnen: die Bohrer.

Die Einrichtung und Form der Bohrer ist nach der Beschaffenheit des Bodens, worin sie benutzt werden, wesentlich verschieden, auch sind dieselben vielfach verändert worden, indem man sie in einer oder der andern Beziehung brauchbarer zu machen gesucht hat. Eine vollständige Aufzählung aller verschiedenen Modificationen würde zu weit führen, hier sollen nur die Hauptformen und namentlich solche, die im aufgeschwemmten Boden brauchbar sind, beschrieben werden. Jeder Bohrer ist an einem Stiele befestigt, der mit demselben Kopfe versehn ist, wie jedes andere Glied des Gestänges und kann sonach mit allen Gliedern verbunden werden. Die Dimensionen der Bohrer entsprechen in den meisten Fällen der Weite des Bohrloches.

Für Bohrer, die in Erde, Lehm und festem Sande arbeiten, bildet die in Taf. II Fig. 18 *a* und *b* dargestellte Form den Haupttypus. Dieselbe kommt freilich nur selten vor, doch muſs sie zuerst erwähnt werden, weil die andern gewöhnlichen Formen aus ihr abgeleitet sind. Der vollständige cylindrische Mantel ist am Boden durch eine Fläche geschlossen, die sich spiralförmig, wie ein Schraubengang, um einen senkrechten Dorn windet. Diese Bodenfläche entsteht, wenn ein Halbmesser des Cylinders sich um die Achse dreht und bei gleichmäſsig längs der Achse sich bewegt. In eine leicht bohrbare, aber doch cohärirende Erde schneidet bei eintretender Drehung die Bodenfläche sich schraubenförmig ein, und sobald man den Bohrer hebt, wird die abgeschnittene Erdmasse vollständig unterstützt und getragen, so daſs sie nicht herabfallen kann, sondern gleich mit dem Bohrer gehoben wird. Man pflegt indessen diese Einrichtung nicht leicht zu wählen, weil eines Theils die Anfertigung Schwierigkeiten bietet, und sodann, weil die Reibung und das Anhaften einer zähen Erde auf der Bodenfläche den Gebrauch des Bohrers erschwert. Dazu kommt noch die Unbequemlichkeit, den

Inhalt herauszuschaffen, oder den Bohrer zu leeren. Nur bei reinem Sande verschwinden diese Uebelstände, doch fliefst der Sand, sobald er viel Wasser enthält, von selbst heraus und namentlich erfolgt dieses in der Nähe der Achse, wo der Boden am stärksten geneigt ist.

Die gewöhnlichste Form des Erd- oder Brunnenbohrers, die sich auch für einen lehmigen Grund vorzüglich eignet, ist Fig. 19 *a* und *b* in zwei Seitenansichten und Fig. 19 *c* im Grundrisse dargestellt. Die Cylinderfläche ist nicht geschlossen, ihr fehlt vielmehr der zehnte bis der dritte Theil, und zwar ist diese gröfste Oeffnung bei der Durchbohrung eines sehr zähen Thones vortheilhaft, weil sie die Entleerung des Instrumentes erleichtert, bei stärkerer Sandbeimengung ist dagegen eine vollständigere Umschliefsung erforderlich. Die Bodenfläche stellt wieder ein Schraubengewinde dar, doch fehlt der mittlere Theil desselben. Man pflegt auch an dem Boden eine etwas vortretende Zunge *D* anzubringen, welche zuweilen den Schraubengang zu einer vollen Windung ergänzt, während der Cylindermantel die weite Spalte behält. John Good brachte bei diesem Instrumente noch die Aenderung an, dafs er die Bodenfläche nicht anniethete, wie gewöhnlich geschieht, sondern sie vielmehr durch Schrauben gegen die Cylinderfläche befestigte, wie Fig. 20 im Querschnitte zeigt, wodurch er den Vortheil erreichte, dafs er die Zunge *D*, die beim Gebrauche am meisten leidet, sobald es nöthig ist, schärfen, auch frisch verstählen konnte.

Die Befestigung des Bodens an die Cylinderfläche bildet indessen eine schwache Stelle im Bohrer, und man hat daher die Aenderung eingeführt, dafs man durch Krümmung die eine Fläche in die andere übergehn läfst, ohngefähr in der Art, als wenn der Cylinder durch eine Halbkugel geschlossen wäre, wobei der Quadrant, der durch seine Drehung um die Achse die Halbkugel erzeugt, bei dieser Drehung auch gleichmäfsig längs der Achse fortrückt. Diesen Bohrer zeigt Fig. 21 in der Seitenansicht.

Bei einem sehr zähen Thonboden pflegt man das Bohrloch nicht sogleich in der vollen Weite zu öffnen, sondern ein 3 bis 4 Zoll weites Loch vorzubohren und dieses später zu vergröfsern. Zum Vorbohren dient der Fig. 22 *a*, *b* und *c* dargestellte Bohrer, der mit dem gewöhnlichen Löffelbohrer der Zimmerleute genau übereinstimmt und wesentlich nichts andres ist, als der eben erwähnte abgerundete

Erdbohrer (Fig. 21). Er hat den cylindrischen Mantel, die Bodenfläche und die vortretende Zunge *D*, und unterscheidet sich nur dadurch, dafs er nur zur Hälfte umschlossen ist.

Der zur Erweiterung dienende Bohrer mufs unten in eine Spitze auslaufen, damit er sich immer in die Achse des engeren Bohrloches einstellt, und insofern er von dem zähen Thone nur dünne Schalen abschneidet, so haften dieselben an ihm, wenn er auch noch bedeutend weniger, als den halben Cylinder umfafst. Fig. 23 *a*, *b* und *c* zeigt einen solchen. Zuweilen schneidet man von diesem Bohrer noch die Hinterfläche des Löffels aus, so dafs nur ein Reif übrig bleibt, der nicht nur schneidet, sondern auch den abgeschnittenen Thon festhält. Um das Anhaften zu befördern, hat man diesem Reif zuweilen verschiedene Biegungen und scharfe Falten gegeben. Andrerseits aber hat man die Löffelform auch ganz verlassen und beide Schenkel mit Schneiden versehn, so dafs sie bei der Drehung gleichmäfsig zur Wirksamkeit kommen. Fig. 24 *a* und *b* zeigt diese Form.

Indem der Bohrer durch die Futterröhre herabgelassen wird, so kann er bei gewöhnlicher Einrichtung nur ein Bohrloch darstellen, dessen Weite sich dem innern Durchmesser der Röhre nähert. Der feste Thon unter der Röhrenwand wird also von ihm nicht angegriffen und verhindert leicht das tiefere Eindringen der Futterröhre. Der Bohrer mufs sich daher erweitern, sobald er aus der letzteren tritt. Dabei kann man ihm aber nicht mehr die Einrichtung geben, dafs er das gelöste Material noch in sich aufnimmt oder festhält, vielmehr mufs dieses später durch andere Apparate gehoben werden.

Eine hierher gehörige Vorrichtung, die Krebsschere genannt, zeigt Fig. 25 *a* und *b* in zwei Seitenansichten und *c* im horizontalen Querschnitte. Ihre beiden Schenkel sind nämlich von einander getrennt und wie die Schenkel eines Tastercirkels durch ein Charnier befestigt. Zwei Federn drücken sie auseinander, während durch Anbringung zweier Bolzen *F* dafür gesorgt ist, dafs sie nicht zu weit zurückschlagen, was bei der Form der Schneiden erfolgen müfste. Es ergiebt sich aus der Zeichnung, dafs beim Zurückziehn die Schenkel sich von selbst anlegen, und dafs ihre Schneiden die Röhren nicht berühren. Mittelst dieser Vorrichtung kann man Bohrlöcher darstellen, die um 2 bis 3 Zoll weiter sind, als der innere Durchmesser der Futterröhre.

Fig. 26 *a*, *b* und *c* zeigt eine andere Vorrichtung, die zu demselben Zwecke dient. Zwei sichelförmig gebogene Arme drehn sich horizontal um zwei Achsen, so dafs sie entweder eingeschlagen werden können (Fig. *b*) oder weit vorstehn (Fig. *c*). In der ersten Stellung werden sie durch die Futterröhre herabgelassen, und indem das Gestänge auf den Boden des Bohrloches fest aufgestellt wird, so drücken sich die Spitzen dieser Arme, die besonders tief herabbrechen, in den Boden ein. Dreht man alsdann das Gestänge vorwärts, so öffnen sich die Arme, wie Fig. *c* zeigt, und beim Zurückdrehn schliefsen sie sich wieder, so dafs man sie durch die engere Röhre hindurchziehn kann. Bei hölzernen Futterröhren von bedeutender Wandstärke thut dieses Instrument gute Dienste, es kann jedoch nur in dem Falle angewendet werden, wenn das Gestänge ein Rückwärtsdrehen erlaubt. Aufserdem tritt noch der Uebelstand ein, dafs nicht ein allmähliges Eingreifen der Arme erfolgt, wie bei der in Fig. 25 dargestellten Vorrichtung, sondern dafs die Arme plötzlich ausgespannt werden und alsdann einem starken Widerstande ausgesetzt sind.

Die sämmtlichen bisher erwähnten Bohrer finden in zäher Erde ihre Anwendung, zeigen sich aber in reinem Sande unbrauchbar, indem sie denselben nicht in sich aufnehmen. Der Bohrer Fig. 18 allein macht hiervon eine Ausnahme, doch hebt er auch nur in dem Falle den Sand, wenn derselbe nur feucht, aber nicht nafs ist. Gemeinhin ist das Bohrloch mit Wasser gefüllt, und sobald man den Bohrer herauszieht, so strömt das Wasser hindurch und spült dabei den Sand aus, so dafs der Bohrer ganz leer zum Vorschein kommt. Aus diesem Grunde mufs der Sand an einer Stelle im Bohrer aufgefangen werden, wo er vom durchströmenden Wasser nicht fortgespült werden kann. Dieses geschieht gewöhnlich mit dem sogenannten Löffel. Derselbe besteht aus einer cylindrischen Röhre, die am Boden durch ein Ventil geschlossen ist. Letzteres wird am vortheilhaftesten an einem eisernen abgedrehten Ringe angebracht, der in die Blechröhre gesteckt und mit Seitenschrauben daran befestigt ist. Bei dieser Anordnung läfst sich das Ventil leicht herausnehmen und falls es schadhaft werden sollte, durch ein anderes ersetzen. Dasselbe besteht gewöhnlich in einer einfachen Klappe (Fig. 27), zuweilen aber auch aus einem doppelten Ventile, bei dem jede Klappe einen Halbkreis umfafst (Fig. 28). Häufig wird auch

im Schliefsen der Oeffnung eine Kugel angewendet (Fig. 29), die so abgewogen ist, dafs ihr specifisches Gewicht ungefähr das Doppelte von dem des zu hebenden Sandes (und zwar mit Rücksicht auf die Beimischung von Wasser) beträgt. Damit aber die Kugel nicht zuweit heraufgehoben werden kann, wird sie durch einen Bügel in der Nähe des Ventils zurückgehalten.

Man gebraucht diese Instrumente in der Art, dafs man sie abwechselnd hebt und senkt, das im Bohrloche befindliche Wasser dadurch in starke Bewegung versetzt, die sich auch dem Sande mittheilt. Letzterer dringt mit dem Wasser beim Niederfallen der Röhre in dieselbe ein, aber sobald die Röhre wieder gehoben wird, kann er wegen des geschlossenen Ventils nicht entweichen. Beim nächsten Niederfallen tritt eine neue Quantität Sand hinzu und so füllt sich nach und nach die Röhre. Nach 20 bis 30 Stöfsen zieht man sie heraus und mit ihr den hineingedrungenen Sand. Eine besondere Vorrichtung zum Auflockern des Sandes ist nicht erforderlich, man kann vielmehr allein durch diese Röhre die Vertiefung des Bohrloches bewirken, damit man aber wirklich auf die Vertiefung hinwirkt und nicht etwa den Sand von den Seiten löst, so mufs man häufig die Futterröhre nachtreiben und dafür sorgen, dafs diese immer dem Bohrer vorangeht. Degousée führt an, dafs er mit solchem Apparate aus einer Tiefe von 300 Fufs täglich über 32 Cubikfufs flüssigen Sandes gehoben hat.

Zur Hervorbringung eines bessern Schlusses hat man der Röhre zuweilen zwei Ventile, nämlich eines oben und eines unten, gegeben, und sie sogar in eine vollständige Saugepumpe verwandelt. Das Bohrgestänge ist nämlich in diesem Falle mit der Kolbenstange verbunden und an letzterer befinden sich zwei Bundringe E, wie Fig. 30 zeigt, die gegen einen Steg F am obern Ende des Cylinders sich lehnen, sobald der Kolben den zulässigen höchsten oder niedrigsten Stand erreicht hat. Auch den gewöhnlichen Erdbohrer und zwar mit ganz geschlossnem Cylinder (Fig. 18) versieht man im Gebrauche in flüssigem Sande zuweilen mit einer Klappe über der Oeffnung im Boden. Das Eintreten des Sandes wird dadurch freilich beim Drehen des Bohrers etwas erschwert, dagegen wird die darin aufgefangene Masse vollständiger gehoben.

Eine andere Vorrichtung zum Heben des reinen Sandes zeigt Fig. 31. Sie besteht in einem conischen Eimer, der unten mit einem

Schraubengange versehn ist, damit er beim Drehn von selbst den Boden eindringt. Dieser Schraubengang ist zuweilen, wie dargestellt, mit keiner Spindel verbunden und wie ein Korkzieher geformt, zuweilen bringt man ihn auch am Umfange des Eimers an. Beim Drehen des Instrumentes veranlafst die Schraube eine starke Auflockerung des Sandes, namentlich wenn das Bohrloch schon mit Wasser gefüllt ist, und hierdurch wird es möglich, den Eimer mit seiner ganzen Höhe in den Sand zu versenken. Ist dieses geschehen, so stürzt der Sand von oben hinein und füllt den innern Raum. Um den Widerstand möglichst zu mäfsigen, den der Sand dem Eindringen des Eimers entgegensetzt, mufs man sich bemühen, durch abwechselndes Heben des Gestänges die Ablagerung noch mehr zu zulockern.

Zur Ausführung von Bohrlöchern in festem Gestein müssen Instrumente angewendet werden, welche denen der Steinmetze ähnlich, durch fortwährendes Aufstofsen kleine Splitter lösen und die durch nach und nach die beabsichtigten Oeffnungen darstellen. Die Bohrer bestehn in diesem Falle nur in Meifseln, die mit Stahlschneiden versehn sind. Letztere dürfen aber nicht durch Ebenen begrenzt werden, die sehr spitze Winkel bilden, vielmehr müssen die beiden Flächen der eigentlichen Schneide sich unter Winkeln von 45 Graden treffen. Das Stumpfwerden der Schneiden erfolgt besonders schnell, wenn das angegriffene Gestein trocken ist, man mufs daher, sobald sich im Bohrloche nicht von selbst Wasser ansammelt, solches häufig zugiefsen. Die Enden der Schneiden an den Meifseln sind vorzugsweise einer starken Abnutzung ausgesetzt, und dieses ist der Grund, weshalb bei Anwendung desselben Bohrers das Bohrloch in der Tiefe immer enger zu werden pflegt. Um dieses zu vermeiden, müssen die Meifsel bei jeder Instandsetzung auf ihre ursprüngliche Breite wieder ausgeschmiedet werden. Damit das Bohrloch sich kreisförmig abrundet, pflegt man das Gestänge nach jedem Stofse mittelst eines Hebels etwas zu drehen. Von dem Nutzen, den die Anwendung eines Wechselstückes oder eines Fallstückes in diesem Falle gewährt, ist bereits die Rede gewesen. Das auf diese Art gelöste Material kann durch die Steinbohrer selbst nicht gehoben werden, es sammelt sich daher als feiner Sand oder auch als dicker und zäher Schlamm im Bohrloche an, wodurch nach und nach die Wirkung des Bohrers verhindert wird. Zur Entfernung desselben

dienen die oben beschriebenen Instrumente und besonders die Löffel Fig. 27, 28 und 29.

Wenn der Bohrer nur eine einfache und zwar gerade Schneide hat, so nennt man ihn einen Meifselbohrer, ist die Schneide dagegen S förmig gekrümmt, wie Fig. 35 Taf. III zeigt, wobei das Loch sich besser abrundet, so heifst er ein S-Bohrer. Beim Kreuzbohrer durchkreuzen sich zwei Schneiden, während beim Kronenbohrer eine grofse Anzahl von solchen radial gekehrt sind. Endlich wäre noch die sogenannte Büchse zu erwähnen, die durch eine kreisförmige Schneide gebildet wird und vorzugsweise zur nachträglichen Beseitigung der etwa vortretenden Unebenheiten dient.

Die Anfertigung und Unterhaltung der complicirteren Bohrer ieser Art bietet grofse Schwierigkeiten, da die verschiedenen mit ander verbundenen Schneiden sich nicht in einem Stücke schmie-, verstählen und schärfen lassen. Es bleibt daher nur übrig einzeln zu bearbeiten und alsdann an den Block zu befestigen, am Gestänge hängt. Bei den übermäfsigen Erschütterungen ist r keine Art der Verbindung hinreichend sicher, Schrauben, wie inte und Keile brechen oder lösen sich, und alsdann tritt die ahr ein, dafs die getrennten Theile in das Bohrloch herabfallen. diesem Grunde wird dem einfachen Meifselbohrer wohl unbedingt allen andern der Vorzug gegeben, und bei sorgfältiger Arbeit n man mit demselben und durch Nachhülfe mit dem S-Bohrer Bohrloch auch ziemlich regelmäfsig darstellen. Wenn vielleicht ine Theile der Wand zu weit vortreten und die Weite befinken, so lassen sich dieselben auch durch einen einfachen Meiohrer beseitigen, welcher der Weite des Bohrloches entsprechend mmt ist und mittelst einer an der Rückseite angebrachten Fean die Wand des Bohrloches gedrückt wird. Dasselbe Instrat wird auch mit Vortheil angewendet, wenn im aufgeschwemmBoden ein einzelner Stein mit der, meist sehr glatten Seitenfläche s Bohrloch tritt. Der frei herabfallende Bohrer wird nämlich dem Steine in diesem Falle jedesmal abgesetzt, so dafs er ihn t angreift, während die Feder das Abspringen verhindert. Es aber bemerkt werden, dafs ein abgerundeter Stein, der in der tung des Bohrloches liegt, leichter diametral durchbohrt werden , als eine nur wenig vortretende Seitenfläche desselben sich sen läfst.

Bei den Bohrarbeiten brechen zuweilen die Gestänge oder die Bohrer, oder es stürzen durch Unvorsichtigkeit Theile des Apparats in das Bohrloch herab. Jedesmal müssen diese Gegenstände zuerst entfernt werden, bevor man die Arbeit fortsetzen kann. Hierzu dienen die Fange-Instrumente. Der Gebrauch derselben besteht in einem sehr unsichern und oft lange Zeit hindurch fortgesetzten Probiren, bevor es gelingt, den gesuchten Gegenstand sicher zu fassen und heraufzuziehn. Nicht selten mufs man sich auch begnügen, ihn seitwärts zu drängen oder zu zerschlagen, oder auch wohl soweit zusammenzudrücken, dafs er die Fortsetzung der Arbeit nicht weiter behindert. Jedenfalls mufs man die Tiefe, in welcher der zu beseitigende Gegenstand gefafst werden kann, genau kennen. Sollte etwa das Gestänge brechen, so würde man aus der Länge des ausgehobenen Theiles sicher entnehmen können, in welcher Tiefe das abgebrochene Ende zu suchen ist.

Die Einrichtung der Fange-Instrumente hängt von der Gröfse und Gestalt der Gegenstände ab, die man damit ausheben will. Man pflegt deshalb sie auch nicht sogleich beim Beginne der Bohrarbeit anzuschaffen, vielmehr werden sie erst, sobald sie gebraucht werden sollen, in derjenigen Form und Stärke angefertigt, die dem jedesmaligen Zwecke am besten zu entsprechen scheint.

Wenn eine Schraubenmutter oder ein andrer sehr kleiner Gegenstand herabgefallen ist, so gelingt es wohl mittelst des gewöhnlichen Erdbohrers denselben zu fassen und zu heben. Liegen gröfsere Körper frei im Bohrloche, so versucht man sie durch untergeschobene Haken herauszuschaffen, oder sie mittelst mehrarmiger Zangen zu greifen, die mit Widerhaken versehn sind und fest aufgestofsen werden. Vielfach werden auch glockenartige Instrumente angewendet, die beinahe über das ganze Bohrloch greifen. Zuweilen sind sie im Innern mit mehreren Armen versehn, die mit scharfen Stahlkanten sich dagegen lehnen. Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs man beim Gebrauche dieser sämmtlichen Apparate niemals weifs, ob der Versuch, den man soeben anstellt, geglückt ist, oder nicht. Nach mehrmaligem Drehen oder starkem Aufsetzen des Gestänges hebt man dasselbe aus, und erst wenn das letzte Glied mit dem Fange-Instrumente aus dem Bohrloche tritt, kann man sich überzeugen ob der Zweck erreicht ist, oder ob man die mühevolle und zeitraubende Probe aufs Neue wiederholen mufs.

Wenn das Gestänge selbst gebrochen ist und der herabgestürzte Theil, wie gewöhnlich geschieht, sich stark verbogen und festgeklemmt hat, so ist freilich das sichere Fassen desselben nicht leicht, aber man kann in diesem Falle aus dem Widerstande beim Anheben entnehmen, ob das Eingreifen erfolgt ist, oder nicht, so dafs also das wiederholte vergebliche Aufwinden und Zusammensetzen des Gestänges vermieden wird.

Hat das Gestänge in einer Verbindung zweier Glieder oder dicht darüber sich getrennt, so bemüht man sich mit spiralförmig gewundenen Haken den nächsten Bundring zu fassen, erhebt sich dagegen das abgerissene Ende des Gliedes weit über den Bundring, so mufs dieses gefafst werden. Hierzu dient wieder jene Glocke mit den Stahlarmen, oder man verengt auch wohl die Glocke so sehr, dafs der Durchmesser der obern cylindrischen Höhlung in ihr kleiner als die Diagonale des Gestänges ist und versieht jene Höhlung wie eine Kluppe mit einem Schraubengewinde. Die Glocke, die in diesem Falle aus Stahl bestehn und gehärtet sein mufs, schneidet alsdann in das Ende der gefafsten Stange ein Gewinde ein und zieht an diesem das Gestänge heraus. Taf. III Fig. 37.

Auch die Fig. 36 dargestellte Spirale, die aus hartem Stahl besteht und auf der innern Seite mit einer Schneide versehn ist, wie Fig. 36 *c* zeigt, ist in diesem Falle mehrfach mit Vortheil benutzt worden. Beim Drehn derselben wird durch die weit vortretende Spitze das Gestänge leicht gefafst und in die Windung, die sich immer mehr verengt, hineingeschoben. Sobald aber bei wiederholten Versuchen zum Weiter-Drehen, die Schneide in eine Kante eingreift, so fafst sie zuweilen das Gestänge so sicher, dafs dieses gehoben werden kann.

Endlich ist noch zu erwähnen, dafs wenn die herabgestürzten Theile des Gestänges, oder Stücke von eisernen Futterröhren, oder sonstige Apparate sich im Bohrloche so fest geklemmt haben, dafs alle Fange-Instrumente sie weder fassen noch heben können, alsdann noch das Mittel bleibt, durch passend geformte grofse Feilen, die am besten eine birnförmige Gestalt haben, das Hindernifs zu beseitigen.

§. 12.

Artesische Brunnen: die Futterröhren.

Der aufgeschwemmte Boden, besonders wenn er sandig kiesig ist, stürzt beim Abbohren sehr bald nach, und dasselb schieht auch in einem Felsboden, der aus leicht abbröckelnden stein besteht. In beiden Fällen mufs man daher die Verschü des Bohrloches und das Einstürzen der Wände durch Einfa der letztern verhindern. Dieses geschieht mittelst der Futterrö oder Bohrröhren. Dieselben sind nur in festem Gesteine entbeh auch in zähem Klaiboden wendet man sie zuweilen nicht an, mufs man in diesem Falle überzeugt sein, die gesuchten Q bald zu erreichen und die Steigröhren früher einsetzen zu kö ehe der Thon nachstürzt.

In demselben Maafse, wie die Tiefe des Bohrloches zun mufs auch die Futterröhre herabgetrieben werden, so lang Anwendung überhaupt nothwendig ist, sie mufs daher auch v gert werden. Das Herabtreiben geschieht entweder mittelst Ramme oder durch todten Druck. In beiden Fällen wird die stark angegriffen, woher die möglichste Schonung derselben u Beseitigung der Hindernisse, welche ihrem weiteren Eindringe gegentreten, eine der wichtigsten Rücksichten ist, die beim B der Artesischen Brunnen überhaupt zu nehmen sind. Der stand, den der umgebende Boden ausübt, läfst sich einiger dadurch vermindern, dafs man die Erde nicht seitwärts drän dieses geschehn würde, wenn die Futterröhre die scharfe Sc an der innern Seite hätte, man mufs im Gegentheil die Er den Seiten nach der Mitte des Bohrloches schieben, von w sie mittelst der Bohrer ausheben kann. Aus diesem Grunde das untere Ende oder der Schuh der Futterröhre eine nach vortretende Schneide, die zuweilen noch einen halben Zoll v äufsere Wandfläche tritt. Nichts desto weniger wird das treiben der Futterröhre mit der zunehmenden Länge immer s riger und zuletzt entweder unmöglich, oder es ist mit Gefa die Röhre verbunden. Wenn unter diesen Umständen die B sung des Bohrloches auch weiterhin noch nothwendig ist, so man eine neue Futterröhre einschieben, die gleich anfangs die

der ersten, jedoch eine geringere Weite hat. Diese erleidet Theile, wo sie von der ersten umgeben wird, keine merk- Erweiterung und läßt sich daher bei gleicher Beschaffenheit des während des fortgesetzten Bohrens fast bis zur doppelten eintreiben. Man ist zuweilen gezwungen, bis fünf derselben einander zu schieben. Hieraus ergiebt sich, daß man Anfangs die Dimensionen für die Futterröhre wählen und in zweifel- Fällen solche lieber zu groß als zu klein annehmen muß, die letztern nicht zu enge ausfallen.

Hölzerne Röhren wurden früher in vielen Fällen zur Ein- des Bohrloches benutzt. Es fehlt solchen keineswegs an dagegen bedürfen sie einer großen Wandstärke, woher das Bohrloch bedeutend erweitert werden muß und an- das Einschieben einer zweiten ähnlichen Röhre in die erste möglich ist. Hiernach beschränkt sich die Anwendung der cylindrischen Futterröhren nur auf solche Fälle, wo man Tiefe die gesuchten Quellen zu finden hofft. Dagegen vielfach von hölzernen, und zwar sehr weiten Röhren Brunnenbohren einen andern Gebrauch. Dieselben besitzen näm- bei hinreichender Wandstärke nicht nur eine große Steifigkeit, sie lassen sich auch leicht und sicher mit den Rüstungen ver- und in andrer Weise solide befestigen. Sie sind daher sehr geeignet, eiserne Futterröhren die nahe schließend in sie eingesetzt werden, sicher zu führen, und denselben eine lothrechte Stellung zu geben. Haben sie diesen Zweck, so bedürfen sie nur der mä- Länge von 8 bis 10 Fuß. Man nennt sie alsdann Bohr- löcher.

Zum Eintreiben der hölzernen Futterröhren bedient man sich der gewöhnlichen Rammen, doch muß man, um den Beschädigungen durch das unmittelbare Aufschlagen des Klotzes zu begegnen, einen Knecht oder Aufsetzer anwenden, der mit einem Zapfen in die Röhre greift und dessen Kopf durch einen starken eisernen Ring vor dem Spalten gesichert ist. Wenn die Röhren zugleich als Steigeröhren für das Quellwasser dienen sollen, was gemeinhin geschieht, so ist es nöthig, sie in den Stößen, wo sie zapfenartig in einander greifen, wasserdicht zu schließen. Zu diesem Zwecke bringt man daselbst Ringe von getheerter Leinwand an, doch darf man nicht hoffen, dadurch das Durchfließen zu hindern, wenn von einer oder der

andern Seite der Druck viel stärker ist. Ist dieses der Fall, müssen noch metallene Steigeröhren eingesetzt werden.

Eine andere Art, die Bohrlöcher einzufassen, besteht in Anwendung hölzerner Kasten. Dieselben haben einen qu tischen Querschnitt und eine Wandstärke von mindestens 1½ Garnier hat sie besonders empfohlen und die Art ihrer Zusam setzung ausführlich beschrieben. Wenn ihre Verlängerung auch Vortheil bietet, dafs die Stöfse nicht ringsumher zusammens so besitzen sie doch nicht entfernt die Festigkeit der eisernen ren, woher sie gegenwärtig nicht mehr Anwendung finden.

Gufseiserne Futterröhren, die zugleich Steigeröhren f Quellwasser bilden, waren besonders in England üblich. Ihre mäfsige und unveränderliche Form, ihre Steifigkeit, auch ihr Gewicht bei geringer Wandstärke sind sehr empfehlenswerthe schaften, und es kommt noch dazu, dafs sie in reinem Boden mäfsigen Schlag des Rammklotzes sicher ertragen. Eine Hi dingung ihrer Anwendung ist aber ein möglichst genauer Gu dieses namentlich in dem Falle, wenn sie mit Zapfen, die halbe Wandstärke gegen die äufsere Fläche zurücktreten, ine greifen. Man giebt ihnen bei 9 Fufs Länge und 6 Zoll Durch nur eine Wandstärke von 4 Linien, und an den Enden, w Röhre die andere umfafst, sogar nur von 2 Linien. In d England bezogenen Apparate, dessen man sich bei einem B suche in Bremerhaven bedient hatte, wobei jedoch wegen ein ches dieser Röhren die Arbeit eingestellt werden mufste, wa Ende der Röhre mit einem 2 Zoll hohen Zapfen versehn, Wandstärke gleich der halben Wandstärke des übrigen Thei Röhre maafs, und zur Verbindung beider dienten abgedrehte von Schmiedeeisen, die wieder 2 Linien Stärke und etwas übe Höhe hatten. Letztere verhinderten die unmittelbare Berühru der Röhren und umschlossen und verstärkten zugleich die derselben. Um die Schwächung der Röhren in den Stöfsen meiden, versieht man zuweilen auch jede derselben an dem Ende mit einem erweiterten Halse, in den die folgende Röl stellt und wie bei Wasserleitungen gedichtet wird. Obwol hierdurch eine wesentliche Verstärkung einführt, so wird do tiefere Eindringen der Röhre erschwert.

Das Eintreiben der gufseisernen Röhren geschieht entwede

gewöhnlichen Ramme, oder man stellt auch einen leichten Rammrat auf die Röhre. Der hölzerne Aufsetzer oder Knecht trägt lich in der Achse der Röhre eine eiserne Stange, die als Läufer- e zur Führung des Klotzes dient. Letzterer wiegt 2 bis 3 Cent- und besteht aus Gufseisen. Er ist der Länge nach durchlocht, fst die erwähnte Stange und wird mittelst eines Rammtaues ge- n, welches über eine darüber befindliche Rolle geführt ist.

Endlich sind noch die Futterröhren aus Eisenblech zu hnen. Sie werden in neuerer Zeit beinahe ausschliefslich ange- et. In Bezug auf Steifigkeit stehn sie den gufseisernen und den hölzernen ausgebohrten Röhren nach, dagegen fehlt ihnen sprödigkeit der ersteren und vor beiden haben sie den Vorzug eringeren Wanddicke, auch lassen sich ihre Theile sehr sicher einander verbinden. Den Schlägen des Rammklotzes widersie nicht, werden vielmehr durch dieselben leicht verbogen, n erleichtert ihre glatte Aufsenfläche das tiefere Eindringen unfsigem Drucke. Dazu kommt noch, dafs die Anzahl der in er geschobenen Röhrenfahrten eben wegen der geringen Wandröfser sein kann, als bei andern gleich weiten Röhren. So-

ie aber durch ihr eignes Gewicht nicht mehr von selbst herab- werden sie durch aufgelegte Gewichte, oder in andrer Weise gedrückt. Am vortheilhaftesten geschieht dieses durch Schrauch mufs man für dieselben sichere Stützpunkte bilden. Wie geschehn kann, wird im Folgenden mitgetheilt werden. Vielst man auch versucht, durch lange, mit kreisförmigen Einn versehene Hebel, die an die Röhre geschroben werden, zu drehen und dadurch herabzutreiben. Obwohl diese Verzuweilen geglückt sind, so wurden dadurch doch in andern die Röhren zerrissen oder so stark gewunden, dafs man sie n und durch neue ersetzen mufste.

ie Bleche, die man zu diesen Röhren anwendet, haben die von etwa ¼ Zoll. Degousée gab den engsten Röhren, die tzte, bei 7¼ Zoll Durchmesser, eine Blechstärke von 0,92 Linien n weitesten Röhren, von 12¼ Zoll Durchmesser, die Blechstärke 29 Linien. Die Länge der einzelnen Röhrenstücke richtet sich er Breite der Bleche und beschränkte sich früher gemeinhin Fufs, doch kann man gegenwärtig leicht gröfsere Längen dar-

Die Bleche werden gewöhnlich mit übergreifenden Rändern

in der vorgeschriebenen Weite cylindrisch gebogen und vernietet. Ihre Zusammensetzung zum ganzen Röhrensatze erfolgt entweder mittelst 8 Zoll hoher, von aufsen aufgeschobener Ringe, die ebenso wie die Röhren zusammengesetzt sind. Auf der Hütte selbst, wo die Anfertigung geschieht, wird alsdann ein Verbindungsring an jedes Röhrenstück geniethet. Andernfalls giebt man jedem Stücke eine flachconische Gestalt, so dafs jede Verlängerung in den bereits eingestellten Röhrenstrang geschoben werden kann. Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs die Näthe der beiden zu verbindenden Stücke nicht zusammenfallen dürfen, weil sonst vier Blechstärken übereinander liegen würden. Auf das genaue Zusammentreffen der Nietlöcher ist aber besonders zu achten.

Die Niethe, welche versenkte Köpfe erhalten, werden von innen eingesetzt und von aufsen mit flachen Köpfen versehn. Ist das Röhrenstück hinreichend weit und nicht lang, so kann man dabei von innen einen Hammer dagegen halten, der die Schläge aufnimmt. Ist dieses nicht thunlich, so bedient man sich hierbei eines gufseisernen Blockes, der auf der einen Seite sich der Röhrenfläche anschliefst, auf der andern dagegen durch eine starke Feder angedrückt wird. Man benutzt auch zwei schräge abgeschnittene Cylinder-Segmente, die durch einen passenden Keil fest gespannt werden. In diesem Falle mufs jedes der drei Stücke mit einem hinreichend langen Stiele versehn sein.

Eine andre Verbindungsart der Röhren aus Eisenblech beruht darauf, dafs man die Verbindungsringe anlöthet, was besonders in Bezug auf die Wasserdichtigkeit vortheilhaft ist. Aufserdem kann bei diesem Verfahren noch ein wesentlicher Zweck erreicht werden. Die Verbindungsringe vergröfsern nämlich den äufsern Durchmesser der Futterröhre, und diese Ungleichmäfsigkeit erschwert das Eindringen, wenn man aber die Verbindungsringe so lang macht, dafs sie sich unmittelbar berühren, oder eine vollständige äufsere Röhre bilden, so verschwindet nicht nur der erwähnte Nachtheil, sondern die Röhre wird bei gleicher Wandstärke auch fester, oder man darf zur Hervorbringung des nöthigen Grades von Festigkeit schwächere Bleche anwenden. Zu einem Röhrensatze werden in diesem Falle innere und äufsere Röhren von gleicher Länge angefertigt, von denen die letzteren sich mit Leichtigkeit und mit reichlichem Spielraume über die ersteren schieben lassen. Sie werden so gestellt, dafs jede innere

...führen, weil man bis zu der voraussichtlich nahe hori... Lage der wasserführenden Schicht alsdann um so tiefer ...gehen muſs. Andrerseits aber wird man auch solches Terrain ..., welches sich nur wenig über das Grundwasser erhebt, ...die Arbeit sich wesentlich erleichtert, wenn man einen wasser... Schacht wenigstens 8 Fuſs unter den Erdboden herabführen ... Außerdem muſs man auch auf die Zugänglichkeit des Punktes ...cht nehmen, und denselben so wählen, dass man die erforder... Apparate bequem anfahren kann. Besonders wichtig ist dieser ..., wenn man, wie gewöhnlich geschieht, einen Bohrthurm ..., und das dazu erforderliche Bauholz gleichfalls beigeschafft ... muſs. Endlich ist aber noch die Nähe von Ortschaften zu ..., wo die Arbeiter ein Unterkommen finden.

Wenn man hoffen darf, die Arbeit in sehr kurzer Zeit zu been... auch voraussichtlich nicht bis zu einer groſsen Tiefe herab...gen werden darf, so läſst sich der Bohrthurm zwar entbeh... und dafür eine leichte Rüstung, bestehend aus einem dreibeini... Bocke benutzen, woran das Gestänge gehoben und herabgelassen wird. Da jedoch in diesem Falle keine sonstigen Hülfsmittel, als der Flaschenzug und eine einfache Winde angewandt werden kön... und außerdem bei ungünstiger Witterung die Arbeit sehr er...schwert, vielleicht sogar unmöglich wird, wie auch die Fortsetzung derselben während der Nacht sich verbietet, weil die nöthige Be...leuchtung sich nicht darstellen läſst, so empfiehlt es sich immer, einen leichten Bohrthurm zu errichten, der vielleicht zu gleichem Zwecke später noch anderweit benutzt werden kann. Fig. 39 auf Bl. III zeigt den Bohrthurm mit den darin befindlichen Apparaten ...selbe besteht zunächst aus dem eigentlichen Thurme, der so hoch ...n muſs, daſs darin auf etwa 30 Fuſs Länge das Gestänge ausge...ben werden kann, also die einzelnen Glieder des Gestänges diese ...ge erhalten dürfen. Das Zerlegen und Zusammenfügen derselben ...mt bei dem in kurzen Zwischenzeiten nöthigen Ausheben und ...ablassen der Bohrer und sonstigen Apparate einen groſsen Theil Zeit in Anspruch und dieser wird um so gröſser, in je mehr ...le das Gestänge zerlegt werden muſs, oder je kürzer die einzel... Glieder sind. Außerdem befindet sich in dem Thurme das Spill..., das etwa 15 Fuſs im Durchmesser hält und das entweder an Sprossen, oder dadurch gedreht wird, daſs die Arbeiter auf die

§. 13.
Ausführung der Artesischen Brunnen.

Um die Anwendung der vorstehend erwähnten Apparate und zugleich die Methode darzustellen, wie Artesische Brunnen ausgeführt werden, empfiehlt es sich, das ganze Verfahren nach der Reihenfolge der einzelnen dabei vorkommenden Arbeiten zu beschreiben. Es ist jedoch hier nur der einfachste und gewöhnlichste Fall zu berücksichtigen, nämlich dafs nicht im Felsen, auch nicht in sehr grofser Tiefe gebohrt wird, sondern nur in Diluvial- oder tertiären Formationen, wobei man kein festes Gestein antrifft, aber doch vielleicht erratische Blöcke durchstofsen oder seitwärts geschoben werden müssen. Andern Falls pflegt die Leitung der Arbeit nicht mehr dem Baumeister, sondern dem Bergmanne oder einem in Ausführungen dieser Art geübten andern Techniker übertragen zu werden.

Wenn bei solchen schwierigeren Unternehmungen die Methoden, wie die Apparate sehr verschieden sind, und sogar jedesmal neue Erfindungen gemacht werden, so findet in geringerem Grade dasselbe auch schon im vorliegenden Falle statt, wie sich aus der Vergleichung der darüber veröffentlichten Beschreibungen ergiebt. Nachstehend sind diejenigen Methoden bezeichnet, welche die zweckmäfsigsten zu sein schienen und ich verdanke dieselben zum Theil der sehr gefälligen Mittheilung eines in Ausführung solcher Arbeiten sehr geübten Technikers, des Herrn Obersteiger Wagner in Rüdersdorf bei Berlin.

Zunächst kommt es darauf an, die passendste Stelle für das Bohrloch zu ermitteln. Dieselbe ist nicht leicht durch die Situation von Gebäuden oder industriellen Etablissements in der Nachbarschaft ganz bestimmt gegeben, vielmehr bleibt innerhalb gewisser Grenzen die Wahl jederzeit frei. An der Beschaffenheit des Bodens und der Vegetation kann man zwar auf das Vorhandensein von Quellen in geringer Tiefe schliefsen, wenn diese aber durch Erdschichten von 100 Fufs Mächtigkeit überdeckt sind, so verschwindet jede Spur derselben. Die Wahrscheinlichkeit, Quellen zu eröffnen, ist daher in weiter Umgebung gleich grofs, und nur äufsere Umstände können die Wahl leiten. Hieher gehört zunächst die Höhenlage des Bodens. Bei unebenem Terrain wird man das Bohrloch nicht auf

jahn auszuführen, weil man bis zu der voraussichtlich nahe horizontalen Lage der wasserführenden Schicht alsdann um so tiefer abgehen muſs. Andrerseits aber wird man auch solches Terrain meiden, welches sich nur wenig über das Grundwasser erhebt, da die Arbeit sich wesentlich erleichtert, wenn man einen wasserführenden Schacht wenigstens 6 Fuſs unter den Erdboden herabführen kann. Außerdem muſs man auch auf die Zugänglichkeit des Punktes Rücksicht nehmen, und denselben so wählen, dass man die erforderlichen Apparate bequem anfahren kann. Besonders wichtig ist dieser Umstand, wenn man, wie gewöhnlich geschieht, einen Bohrthurm errichtet, und das dazu erforderliche Bauholz gleichfalls beigeschafft werden muſs. Endlich ist aber noch die Nähe von Ortschaften zu suchen, wo die Arbeiter ein Unterkommen finden.

Wenn man hoffen darf, die Arbeit in sehr kurzer Zeit zu beenden, auch voraussichtlich nicht bis zu einer gröſsen Tiefe herabgehen werden darf, so läſst sich der Bohrthurm zwar entbehren, und dafür eine leichte Rüstung, bestehend aus einem dreibeinigen Bocke benutzen, woran das Gestänge gehoben und herabgelassen wird. Da jedoch in diesem Falle keine sonstigen Hülfsmittel, als ein Flaschenzug und eine einfache Winde angewandt werden können, und aufserdem bei ungünstiger Witterung die Arbeit sehr erschwert, vielleicht sogar unmöglich wird, wie auch die Fortsetzung derselben während der Nacht sich verbietet, weil die nöthige Beleuchtung sich nicht darstellen läſst, so empfiehlt es sich immer, den leichten Bohrthurm zu errichten, der vielleicht zu gleichem Zwecke später noch anderweit benutzt werden kann. Fig. 39 auf Taf. III zeigt den Bohrthurm mit den darin befindlichen Apparaten. Derselbe besteht zunächst aus dem eigentlichen Thurme, der so hoch sein muſs, dafs darin auf etwa 30 Fuſs Länge das Gestänge ausgegeben werden kann, also die einzelnen Glieder des Gestänges diese Länge erhalten dürfen. Das Zerlegen und Zusammenfügen derselben muss bei dem in kurzen Zwischenzeiten nöthigen Ausheben und Herablassen der Bohrer und sonstigen Apparate einen groſsen Theil der Zeit in Anspruch und dieser wird um so gröſser, in je mehr Theile das Gestänge zerlegt werden muſs, oder je kürzer die einzelnen Glieder sind. Aufserdem befindet sich in dem Thurme das Spill-rad, das etwa 15 Fuſs im Durchmesser hält und das entweder an seinen Sprossen, oder dadurch gedreht wird, dafs die Arbeiter auf die

letzteren steigen und das Rad als Laufrad benutzen. Um die Welle dieses Rades windet sich das Tau, das unter dem Dache des Thurmes über eine Rolle läuft, und das Gestänge trägt.

Endlich befindet sich in dem Bohrthurme noch die Vorrichtung, mittelst deren die Steinbohrer stofsweise auf und nieder bewegt werden. Dieses ist der Schwengel, an den man das Gestänge hängt, sobald man auf festes Gestein, oder auf einen Granitblock trifft. Ereignet sich dieses in der Nähe der Oberfläche, also in der Zeit, wo das Gestänge noch nicht schwer ist, so läfst die stofsweise Bewegung sich leicht durch einen Handschwengel, der dem gewöhnlichen Pumpenschwengel ähnlich ist, ausführen. In der Tiefe von 50 Fufs oder darüber ist dagegen die vereinigte Kraft einer gröfseren Anzahl von Arbeitern nothwendig, und aufserdem mufs man auch dafür sorgen, dafs der Bohrer bei jedem Schlage scharf aufstöfst und unmittelbar darauf sich wieder abhebt. Der Schwengel besteht alsdann in einem 30 bis 40 Fufs langen hochkantigen Halbholze oder auch wohl in einem Balken, der einen ungleicharmigen Hebel bildet. Die Längen der beiden Arme verhalten sich zu einander gewöhnlich wie 5 : 1 oder 6 : 1 und bei sehr langen Gestängen sogar wie 9 : 1. Häufig sind die Schienen an beiden Seiten des Schwengels, die unmittelbar auf der Achse liegen, mit mehreren Einschnitten versehn und ebenso auch diejenigen in dem Schwengelbocke, so dafs man bei Verlegung der eisernen Achse beliebig das Längenverhältnifs der Arme ändern kann, ohne dafs dabei der Kopf des Schwengels sich von der Mittellinie des Bohrloches entfernt. An diesem Kopfe, oder dem Ende des kürzeren Armes, hängt das Gestänge, am Ende des längeren befinden sich dagegen durchgesteckte Stangen, welche von den Arbeitern entweder unmittelbar oder mittelst Zugleinen niedergedrückt werden. Nachdem Letzteres geschehn ist, fällt das Gestänge, das stets ein bedeutendes Uebergewicht behalten mufs, von selbst herab, oder es löst sich dabei auch wohl das bereits beschriebene Fallstück. Damit der Meifsel aber nicht auf dem Gestein stehn bleibt, sondern augenblicklich zurückspringt, so wird über dem langen Hebelsarme noch ein elastisches starkes Holz, der Prellbalken, angebracht, der während der letzten Zeit der Bewegung aufwärts gestofsen wird, und unmittelbar darauf wieder zurückweicht, wobei er das Gestänge etwas anhebt.

13. Ausführung der Artesischen Brunn

Es mufs erwähnt werden, dafs man von dieser einf Ein-
richtung vielfach abgewichen ist, namentlich um den an
lebendiger Kraft zu vermindern, den die entgegengese e-
gungen des schweren Schwengels veranlassen. Zu dies cke
hängt man zuweilen an den langen Arm desselben einen mit
Gewichten, der beim Herabsinken in Wasser taucht und alsdann die
Hebung erleichtert. Andrerseits läfst man den Schweng um
eine feste Achse drehen, sondern auf zwei starken Bo wiegen-
förmig rollen, wobei das Verhältnifs der beiden Arme s fortwäh-
rend ändert und das Niederdrücken des langen Armes wegen der
Verlängerung desselben, Anfangs Diese und ähn-
liche Vorkehrungen finden indes en Gestängen,
also bei tiefen Bohrungen Anwe er nicht die
Rede ist.

An der Stelle, wo das Bohrloch a ihrt werden soll, teuft
man einen kleinen Schacht ab, um sowol in der gröfseren Tiefe
den Bohrtaucher sicherer befestig n zu können, als auch um die
nöthigen Stützpunkte zum Niederdrücken der Bohrröhren zu gewin-
nen. Dieser Schacht mufs wenigstens 8 Fufs tief sein und dasselbe
mufs in der Weite haben, weil sonst der Raum für die darin aus-
zuführenden Arbeiten zu beschränkt wäre. Fig. 40, *a* und *b* zeigt
den Schacht im vertikalen Durchschnitt und im Grundrisse. Ein
viereckiger **Rahmen**, oder das sogenannte **Joch** *A*, aus schwachen
Hölzern gebildet, die in den Enden überblattet sind, wird in den
wenig geebneten Boden versenkt, und während man darin die Grube
absteift, werden gleichzeitig, rings umher zugeschärfte Brettstücken *C*,
Bohle genannt, eingetrieben, die das Nachstürzen der Wände ver-
hindern. Sobald der Schacht etwa 3 Fufs tief ist, bringt man das
obere Joch ein, und stützt gegen dieses das obere Joch durch senk-
rechte Stiele *B*, **Bolzen** genannt. Alsdann treibt man eine neue
Reihe Pfähle ein. Damit diese sich aber nicht flach gegen die ersten
lehnen und dadurch theils nicht so leicht mit dem hölzernen Schlä-
ger hier die Stelle der Ramme vertritt, getroffen werden kön-
nen, theils aber auch gegen die ersten Pfähle eine starke Reibung
thun würde, so bringt man zwischen beide noch Keile ein, die
sogenannte **Pfändung**.

In dieser Weise setzt man das Abteufen des Schachtes fort, bis

letzteren steigen und das Rad ab
dieses Rades windet sich d
mes über eine Rolle
Endlich befir
mittelst deren
den. Dieses
sobald ma
Ereignet
wo da
wegr
lich
5(

diese nicht grofs
Aufgraben zur Seite
Widerlager für die Schra
noch zwei andere kürzere
der ersten Balken zu verbin
derselben mit Bohlen und die dara
angestampft.

Balken *D* und *E* wird der Täucher
getrieben. Es ist von grofser Wicht
fest und lothrecht einzusetzen, weil hiervo
regelmäfsige Eindringen der Röhren und sona
Brunnens abhängt.

Der Täucher besteht aus einer starken hölzernen Röhr
von 6 bis 8 Fufs Länge, die mit ihrer untern Hälfte
getrieben, und gegen die umgebenden Hölzer fest v
Ihr lichter Durchmesser wird so gewählt, dafs die erste
so eben hindurchschieben läfst, und darin eine
findet. Der Täucher wird entweder, wie die Fig
aus Fafsdauben von 2¼ Zoll Stärke, oder noch bess
zwei starken Holzstücken zusammengesetzt, die bei hinr
Wanddicke die cylindrische Oeffnung von der erforde
darstellen.

Was das Bohren selbst betrifft, so geschieht dieses
§. 12 beschriebenen Bohrröhre aus Eisenblech. Man stellt,
dem die erwähnten Einrichtungen getroffen sind, diese Röhre
Täucher ein. Der Erdbohrer ist an ein Glied des Gestäng
passender Länge geschroben und dieses hängt an dem Tau
dem Bande, welches durch das Spillrad angezogen und nachge
werden kann. Indem ein einfaches Tau beim Auf- und Ab
sich zu drehen pflegt, so ist es vortheilhafter, mehrere dersell
einem flachen Bandseile zusammenzunähen. Das Ende de
teren ist an die cylindrische Welle des Spillrades befestigt un
hier aufwärts nach einer Scheibe mit entsprechender Rille g
die in der verlängerten Achse des Bohrloches möglichst hoch
nahe unter dem Dache des Bohrthurmes angebracht ist. Da
dieser herabführende Ende des Seiles ist mittelst des Fig. 3
gestellten Kopfstückes, mit dem Gestänge verbunden.

Sobald der Bohrer sich mit der Erde gefüllt hat, wird er h

entleert. Beim Herausziehn stürzen indessen bei leich-
igem Boden die Wände des so eben unter der Bohr-
lten Loches zusammen, und das hineingefallene Ma-
ste man immer von Neuem ausheben. Hierdurch würde
die Arbeit unnöthiger Weise ausgedehnt, sondern es wäre
besorgen, dafs unter der Röhre die seitwärts befindliche
las Bohrloch fiele, und dadurch Höhlungen entständen, die
Erdstürze veranlassen könnten. Letztere sind aber beson-
ders gefährlich, als die Röhre dabei leicht eingedrückt wird.
nach nothwendig, dafs unmittelbar nach der weitern Ver-
s Bohrloches die Röhre der Sohle desselben jedesmal folgt.
Röhre wird durch den Seitendruck der Erde so sehr zu-
ten, dafs sie durch ihr eigenes Gewicht nicht herabzusinken
lan schraubt daher zuweilen eiserne Ringe mit Seitenarmen
r das obere Ende der Röhre, bildet darüber eine einfache
und beschwert diese mit aufgelegten Steinen, oder in an-
se. Hierdurch läfst sich allerdings das Gewicht vergrößern,
igt auch dieses vielfach nicht, um die Röhre gleichmäfsig
, auch tritt dabei häufig der Uebelstand ein, dafs die Röhre
sit hindurch dem Bohrer nicht folgt, und alsdann plötzlich
er Erschütterung herabsinkt. Andrerseits hat man nicht
sucht, die Röhre durch Drehen herabzutreiben, doch ist
rfahren, wie bereits erwähnt, sehr bedenklich.

in Fig. 40 dargestellte Vorrichtung, wodurch die Röhre
weier starken Schrauben senkrecht herabgedrückt wird,
sich sowol wegen ihrer Wirksamkeit, als auch dadurch,
Röhre dabei nicht zu leiden pflegt. Die Schrauben greifen
untern Enden durch die Balken E, und werden hier durch
halten, während die Balken E sich gegen die Widerlags-
stützen. Die obern Enden der Schrauben greifen durch
men, der aus den Hölzern F und G besteht und an zwei
aken hängt, die über die Röhre übergreifen. Diese Haken
er, wie die Figur zeigt, die starken Bolzen, welche die
ölzer G unter sich verbinden. Indem die auf den Hölzern
len Schraubenmuttern mit starken Schlüsseln angezogen
o erfolgt der beabsichtigte Druck gegen die Röhre, der ihr
Eindringen veranlafst. Es darf dabei kaum erwähnt wer-
sowol über den Splinten, wie unter den Muttern der Schrau-

die beabsichtigte Tiefe erreicht ist. Indem diese nicht grofs ist, so lassen sich auch leicht durch unmittelbares Aufgraben zur Seite zwei starke Balken *D* einbringen, die als Widerlager für die Schrauben-Vorrichtung dienen, und unter denen noch zwei andere kürzere Balken *E* liegen. Um das Heben der ersten Balken zu verhindern, überdeckt man die Enden derselben mit Bohlen und die darauf gebrachte Erde wird fest angestampft.

Zwischen die vier Balken *D* und *E* wird der Täucher eingestellt und in den Grund getrieben. Es ist von grofser Wichtigkeit, denselben möglichst fest und lothrecht einzusetzen, weil hiervon vorzugsweise das regelmäfsige Eindringen der Röhren und sonach das Gelingen des ganzen Brunnens abhängt.

Der Täucher besteht aus einer starken hölzernen Röhre, gewöhnlich von 6 bis 8 Fufs Länge, die mit ihrer untern Hälfte in den Boden getrieben, und gegen die umgebenden Hölzer fest verkeilt wird. Ihr lichter Durchmesser wird so gewählt, dafs die erste Bohrröhre sich so eben hindurchschieben läfst, und darin eine sichere Führung findet. Der Täucher wird entweder, wie die Figur angiebt, aus Fafsdauben von 2¼ Zoll Stärke, oder noch besser nur aus zwei starken Holzstücken zusammengesetzt, die bei hinreichender Wanddicke die cylindrische Oeffnung von der erforderlichen Weite darstellen.

Was das Bohren selbst betrifft, so geschieht dieses in der §. 12 beschriebenen Bohrröhre aus Eisenblech. Man stellt, nachdem die erwähnten Einrichtungen getroffen sind, diese Röhre in den Täucher ein. Der Erdbohrer ist an ein Glied des Gestänges von passender Länge geschroben und dieses hängt an dem Tau oder dem Bande, welches durch das Spillrad angezogen und nachgelassen werden kann. Indem ein einfaches Tau beim Auf- und Abwinden sich zu drehen pflegt, so ist es vortheilhafter, mehrere derselben zu einem flachen Bandseile zusammenzunähen. Das Ende des letzteren ist an die cylindrische Welle des Spillrades befestigt und von hier aufwärts nach einer Scheibe mit entsprechender Rille geführt, die in der verlängerten Achse des Bohrloches möglichst hoch, also nahe unter dem Dache des Bohrthurmes angebracht ist. Das von dieser herabführende Ende des Seiles ist mittelst des Fig. 33 dargestellten Kopfstückes, mit dem Gestänge verbunden.

Sobald der Bohrer sich mit der Erde gefüllt hat, wird er heraus-

gen und entleert. Beim Herausziehn stürzen indessen bei leich- und quelligem Boden die Wände des so eben unter der Bohr- dargestellten Loches zusammen, und das hineingefallene Ma- müfste man immer von Neuem ausheben. Hierdurch würde nur die Arbeit unnöthiger Weise ausgedehnt, sondern es wäre zu besorgen, dafs unter der Röhre die seitwärts befindliche in das Bohrloch fiele, und dadurch Höhlungen entständen, die Erdstürze veranlassen könnten. Letztere sind aber beson- in sofern gefährlich, als die Röhre dabei leicht eingedrückt wird. ist sonach nothwendig, dafs unmittelbar nach der weitern Ver- des Bohrloches die Röhre der Sohle desselben jedesmal folgt.

Die Röhre wird durch den Seitendruck der Erde so sehr zu- gehalten, dafs sie durch ihr eigenes Gewicht nicht herabzusinken gt. Man schraubt daher zuweilen eiserne Ringe mit Seitenarmen unter das obere Ende der Röhre, bildet darüber eine einfache und beschwert diese mit aufgelegten Steinen, oder in an- Weise. Hierdurch läfst sich allerdings das Gewicht vergröfsern, gefügt auch dieses vielfach nicht, um die Röhre gleichmäfsig senken, auch tritt dabei häufig der Uebelstand ein, dafs die Röhre ngere Zeit hindurch dem Bohrer nicht folgt, und alsdann plötzlich it starker Erschütterung herabsinkt. Andrerseits hat man nicht lten versucht, die Röhre durch Drehen herabzutreiben, doch ist ieses Verfahren, wie bereits erwähnt, sehr bedenklich.

Die in Fig. 40 dargestellte Vorrichtung, wodurch die Röhre ittelst zweier starken Schrauben senkrecht herabgedrückt wird, pfiehlt sich sowol wegen ihrer Wirksamkeit, als auch dadurch, fs die Röhre dabei nicht zu leiden pflegt. Die Schrauben greifen it ihren untern Enden durch die Balken *E*, und werden hier durch plinte gehalten, während die Balken *E* sich gegen die Widerlags- lken *D* stützen. Die obern Enden der Schrauben greifen durch en Rahmen, der aus den Hölzern *F* und *G* besteht und an zwei chen Haken hängt, die über die Röhre übergreifen. Diese Haken en aber, wie die Figur zeigt, die starken Bolzen, welche die iden Hölzer *G* unter sich verbinden. Indem die auf den Hölzern ruhenden Schraubenmuttern mit starken Schlüsseln angezogen rden, so erfolgt der beabsichtigte Druck gegen die Röhre, der ihr eiteres Eindringen veranlafst. Es darf dabei kaum erwähnt wer- en, dafs sowol über den Splinten, wie unter den Muttern der Schrau-

ben Unterlagsplatten angebracht werden müssen, und dafs man Haken von verschiedener Länge in Bereitschaft haben mufs, um jederzeit die Röhre gehörig fassen zu können.

Indem es darauf ankommt, die Röhre sogleich weiter eindringen zu lassen, wie das Bohrloch sich vertieft, so werden die Schraubenschlüssel jedesmal in Bewegung gesetzt, sobald der Erdbohrer sich gefüllt hat, und mit seinem Inhalte gehoben wird.

Ueber die weitere Fortsetzung der Arbeit ist nach den bereits gemachten Mittheilungen wenig hinzuzufügen. Der Erdbohrer oder auch wohl der Löffel, den man im Sande anwendet, wird abwechselnd gefüllt, und alsdann gehoben und entleert, während man die Röhre jedesmal kräftig herabdrückt. Sobald letztere mit ihrem oben Ende den Täucher nahe erreicht hat, so wird sie verlängert, und ebenso verlängert man durch Ansetzen eines neuen Gliedes auch das Gestänge. Es tritt indessen, wenn der Boden auch von Geschieben und andern festen und harten Körpern frei ist, bei zunehmender Tiefe endlich der Zeitpunkt ein, wo die Reibung der Röhre gegen die umgebende Erde so grofs wird, dafs man sie nicht weiter herabtreiben kann, oder auch wohl bei Anwendung einer starken Kraft ihre Beschädigung besorgt werden müfste. Dieses pflegt in der Tiefe von etwa 100 Fufs zu geschehn, und alsdann bleibt nur übrig, eine zweite, etwas engere Röhre einzubringen, die sich in die erste leicht einschieben läfst, also in der ganzen Tiefe des bereits ausgeführten Bohrloches keine merkliche Reibung erfährt. Es ist dabei aber Bedingung, dieser zweiten Röhre die möglichst gröfste Weite zu geben, da man nicht weifs, wie viele Röhren später noch eingeschoben werden müssen, bevor man den gesuchten reichhaltigen und reinen Quell anbohrt.

Der geregelte Fortgang der Arbeit wird wesentlich gestört, sobald man auf Geschiebe trifft, und hierauf mufs man beim Durchbohren der Alluvial- und Diluvial-Schichten im nördlichen Deutschlande immer gefafst sein, da die erratischen Granitblöcke sich fast überall in verschiedenen Tiefen vorfinden. Dieselben sind gewöhnlich mehr oder weniger abgerundet, woher der Meifsel, wenn er die Oberfläche nicht normal trifft, seitwärts davon abspringt, und sie nur wenig oder gar nicht angreift. Eine sehr sichere Führung derselben ist daher nothwendig. Wie solche durch eine seitwärts angebrachte Feder bewirkt werden kann, ist bereits oben (§. 11) mit-

silt worden. Zuweilen treten indessen sehr kleine Geschiebe wenig in das Bohrloch und es gelingt alsdann wohl, durch end geformte Werkzeuge sie soweit seitwärts zu drängen, dafs Röhre neben ihnen vorbeigeschoben werden kann. Dieses ist in- im häufig nicht möglich, und man mufs in solchem Falle den tretenden Theil mit dem Meifsel beseitigen. Wenn aber der Stein s grofs und nahe kugelförmig abgerundet ist, so wird die Wir- g des Meifsels noch dadurch geschwächt, dafs der Stein in seinem er sich dreht und sonach jedem Stofse eine neue Angriffs-Fläche t. Wenn man nach dem langsamen Fortgange der Arbeit dieses rmuthet, so empfiehlt es sich, eine Quantität recht zähen Thon in Bohrloch zu werfen und diesen möglichst compact anzustampfen. rdurch gelingt es, den Stein fest einzubetten, so dafs er unbe- glich seine Lage behält und nunmehr der Meifsel gehörig auf ihn wirken und den vortretenden Theil abstofsen kann.

Schon in diesem Falle läfst sich die Anwendung des Schwen- s nicht vermeiden, wobei die Stöfse viel schneller und schärfer folgen, als wenn man das Gestänge noch mit der Winde heben d herablassen wollte. Auch die Anwendung des oben beschrie- nen Fallstückes erleichtert diese Arbeit wesentlich.

Andere Schwierigkeiten treten beim Durchbohren von Sand- chichten ein, besonders wenn dieselben stark mit Wasser durch- gen sind. Die Erdbohrer, wie auch die Löffel werden bei nassem nde leicht von dem hindurchdringenden Wasser, sobald man sie hebt, vollständig entleert. In solchem Falle kann man einen Ap- rat anwenden, der unten ganz geschlossen ist, wie Fig. 31 darstellt. erselbe mufs, da er sich nur von oben füllen kann, ringsum in der öhre einen weiten Spielraum von 1 bis 2 Zoll frei lassen, damit r lose Sand zur Seite ansteigen und in ihn hineinfallen kann. Zu- eilen gelingt es auch, solche Sandschichten mit weniger Mühe zu rchfahren, wenn man wieder zähen Thon in das Bohrloch wirft, nselben durch Aufstofsen von Meifseln mit dem Sande vermengt nd dadurch eine festere Masse darstellt, die sich mit dem Erdboh- r heben läfst.

Es mufs in Betreff der Sandschichten noch daran erinnert wer- en, dafs dieselben sich in hohem Grade auflockern, und alsdann m so störender sind, mit je gröfserem Drucke das Wasser sie in der Richtung von unten nach *oben durchdringt*. Jeder Löffel, den

man aushebt, vermindert den Druck, den der Sand von oben auf veranlafst also ein solches Aufsteigen des Wassers. Dieses l sich aber verhindern, wenn man durch Hinzugiefsen von Wa wieder auf der obern Seite den stärkern Druck darstellt. In v chen Fällen ist dieses Verfahren mit Vortheil angewendet wor

Dieses Auftreiben des Sandes ist besonders beim Einsetzen neuen Röhrentour sehr nachtheilig, indem der Sand alsdann de gen Zwischenraum zwischen dieser und der vorhergehenden R so vollständig anfüllt und sich darin so fest ablagert, dafs die Röhre sich nicht weiter herabtreiben läfst, und daher ihr Zweck verfehlt wird. In diesem Falle mufs man den Sand durch Zusat anderem Boden zu binden suchen, und dieses geschieht in folg Weise. Man bringt wieder fetten Thon in das Bohrloch, ver denselben mittelst Meifselschlägen mit dem Sande und läfst a Gemenge einen besondern Stampfer einwirken, um eine rec schlossene Masse darzustellen. Diese hebt man mittelst des B aus, ohne jedoch die natürliche Ablagerung des reinen Sand berühren. Man mufs daher grofse Aufmerksamkeit auf den maligen Inhalt des Bohrers verwenden und denselben nicht wirken lassen, sobald das Gemenge nur noch wenig Thonthe enthält. Alsdann wirft man aufs Neue zähen Thon in das Boh das nunmehr sich schon bis unter die Röhre fortsetzt, und w holt dieselbe Operation. Dieses geschieht so lange, bis mar Bohrloch etwa 3 Fufs vor die Röhre getrieben hat. Nunmehr bert man die Röhre von dem daran vielleicht noch haftenden S und bringt aufs Neue fetten Thon ein, der in einzelnen Lage angestampft wird, bis er nicht nur das vorgetriebene Bohrloch sondern auch 4 bis 5 Fufs hoch in die Röhre tritt. Wenn Alles lichst fest angestofsen ist, wartet man 24 Stunden, damit die im ser noch schwebenden Erdtheilchen vollständig niederschlagen k Diese werden nunmehr ausgehoben und es wird ein Bohrloc getrieben, welches der Weite der neuen Röhrentour entspricht bald dieses sich bis auf 8 oder 10 Zoll dem Ende der ersten genähert hat, so stellt man die folgende engere Röhre ein, u Bohrung wird alsdann wieder unter stetem Nachtreiben der fortgesetzt. Der Thonring zwischen beiden Wänden verhindert das Durchdringen des Sandes, und noch mehr wird derselbe

nenge abgehalten, das sich mehrere Fuſs tief unter die
ortsetzt.

ıer Art, wie nach vorstehenden Mittheilungen durch das
ɔn zähem Thon das Bohren im Sande erleichtert wird
rheit gewinnt, so ist andern Falls auch das Einschüt-
ıdes zuweilen sehr vortheilhaft. Wenn nämlich in plasti-
gebohrt wird, während das Bohrloch mit Wasser ge-
setzt sich derselbe um den Erdbohrer so fest an, daſs
ı einen Cylinder verwandelt, dessen Durchmesser sich
ɜ der Röhre vergröſsert, und dadurch wird sowol das
auch das Ausheben übermäſsig erschwert. Geschieht
nn man durch einen Zusatz von Sand, und durch Ver-
selben mit dem Thone die Masse in der Art verän-
ner Uebelstand verschwindet.

ırchbohren des Thones treten oft noch andre Hinder-
ɛ nicht unerwähnt bleiben dürfen. Ist derselbe sehr
wirkt der Erdbohrer nicht mehr, man muſs vielmehr,
ɔoden die Meiſseln benutzen. Wenn aber das Bohrloch
nit Wasser gefüllt ist, so dringt dieses bald in die ge-

tücke, sowie auch in die frei gelegten Seitenwände des
ɨn, und in dem die Masse zu quellen anfängt, also ein
lum annimmt, so wird die Reibung gegen die Röhre so
ɜie sich nicht weiter herabtreiben läſst. Um dieses zu
ɛmpfiehlt es sich, die oben beschriebenen Erweiterungs-
wenden.

n wird die Röhre, wenn sie auch noch nicht weit über die
le hinaus eingedrungen ist, entweder durch ein dagegen
eschiebe oder in andrer Weise so fest gehalten, daſs
Schrauben-Vorrichtung die Reibung nicht überwunden
ı. In solchem Falle ist ein kräftiger Schlag mit einem
ze oft von groſser Wirksamkeit, namentlich wenn gleich-
hrauben einen starken Druck ausüben, also das Zurück-
öhre in ihre frühere Stellung verhindern. Zu diesem
l die Ramme vielfach benutzt, wenn sie aber, wie im-
ıt mittelst eines aufgelegten Blockes auf das obere Ende
virkt, so schwächt sich der Stoſs in hohem Maaſse bis
ange zu dem Punkte, wo das Hinderniſs sich befindet,

das gewöhnlich dem untern Ende ziemlich nahe liegt. Bei der Nachgiebigkeit und Elasticität der Röhre leidet diese unter den heftigen Rammschlägen und ihre Verbindung in den Stöfsen lockert sich oft so sehr, dafs die Fortsetzung der Arbeit unmöglich wird. Dieses liefse sich vermeiden und ein günstigerer Erfolg erwarten, wenn die Rammschläge nicht auf das obere, sondern auf das untere Ende der Röhre ausgeübt werden könnten. Das Fallstück am Gestänge bietet hierzu Gelegenheit. Die Schwierigkeit liegt nur darin, einen Block am untern Ende der Röhre so zu befestigen, dafs der darauf fallende Schlag sich auf die letztere überträgt. Es ist vorgeschlagen worden, die Röhre zu diesem Zwecke mit einem stählernen Schuh zu versehn, der einen halben Zoll vor die innere Röhrenwand vortritt, aber gerade dadurch wird theils der Gebrauch der verschiedenen Bohrer, theils aber auch das Einbringen einer folgenden Röhrentour sehr erschwert, woher man diese wichtige Aufgabe noch nicht als vollständig gelöst ansehn kann.

Die vorstehenden Mittheilungen beziehn sich allein auf die Ausführung Artesischer Brunnen mittelst fester Gestänge. Wesentlich verschieden davon sind die Methoden des Seilbohrens. Nach diesen hängt man die Bohrer und sonstigen Apparate an ein Seil, wodurch denselben keine drehende, sondern nur eine auf und abwärts gerichtete Bewegung mitgetheilt werden kann. Letztere genügt auch zum Aufstofsen der Meifselbohrer, wie zum Heben des gelösten Materials mittelst der Löffel, und sonach kann man in festem und gleichmäfsigem Gestein auch nach dieser Methode Bohrlöcher ausführen, wie mehrfach geschehn ist. Die ganze Einrichtung vereinfacht sich dabei ungemein und wird viel wohlfeiler, während zugleich das schwierige und sehr zeitraubende Zerlegen und Zusammensetzen des Gestänges beim jedesmaligen Ausheben des Bohrers fortfällt. Dagegen treten die wesentlichsten und oft unüberwindlichen Schwierigkeiten ein, sobald man den gewachsenen und gleichmäfsig festen Stein verläfst. Das Durchfahren einer losen Schicht ist in der Tiefe kaum noch ausführbar, während das Einbringen von Futterröhren sich dadurch verbietet, dafs das Bohrloch nicht mehr den kreisförmigen Querschnitt behält, sondern sich zufällig anders gestaltet. Dazu kommt noch, dafs durch die Elasticität des Seiles ein grofser Theil des Hubes aufgehoben, und das Seil in kurzer Zeit durch Abreiben unbrauchbar wird. Die gröfste Verlegenheit tritt

ich ein, wenn Bohrer oder andere Theile des Apparates herab-
len sind. Man hat zwar Fange-Instrumente auch für die Auf-
ung am Seile angegeben, doch sind diese in ihrem Gebrauche
unsicherer, als diejenigen an festem Gestänge. Mit Rücksicht
liese sehr grofsen Nachtheile ist das Seilbohren in neuster Zeit
anfser Gebrauch gekommen, und die nähere Beschreibung des
ffenden Verfahrens und der Apparate ist um so mehr entbehr-
als diese Methode in denjenigen Fällen, die bei uns am häu-
n vorkommen, nämlich beim Bohren im aufgeschwemmten Bo-
überhaupt nicht Anwendung findet.

Dritter Abschnitt.

Wasserleitungen.

§. 14.

ıssfluſs des Wassers durch Oeffnungen in dünnen Wänden.

fach und selbst von den berühmtesten Mathematikern ist ver-
worden, die eigenthümlichen Bewegungen des Wassers und
lüssigkeiten überhaupt, aus den allgemein gültigen Gesetzen
lechanik zu erklären. Dabei zeigen sich jedoch selbst unter
infachsten Voraussetzungen so grofse Schwierigkeiten, dafs nur
enigen Fällen die Rechnungen durchgeführt werden können.
: Schwierigkeiten steigern sich aber noch in hohem Maafse,
, die unverkennbare Eigenschaft aller Flüssigkeiten berücksich-
wird, wonach die einzelnen Theilchen derselben an einander
n, also zwischen ihnen nur unmerkliche Uebergänge der Ge-
indigkeiten stattfinden. Hierdurch bilden sich vielfache innere
egungen, welche mit der allgemeinen Richtung der Strömung
: zusammenfallen, und derselben oft direct entgegengekehrt sind.
Dieser rein theoretische Weg hat bisher in der Hydraulik noch
einem Resultate geführt, welches durch die Beobachtungen be-
gt wäre. Nichts desto weniger ist es dringendes Bedürfnifs,
jeder hydrotechnischen Anlage den zu erwartenden Erfolg we-
tens annähernd vorher zu kennen, und zu diesem Zwecke bleibt
übrig, die unter ähnlichen Verhältnissen gemachten Erfahrungen
ammeln, und daraus auf die Gesetze der Bewegung zu schliefsen.
Resultate, zu welchen man auf diesem empirischen Wege ge-
gt, sind aber keineswegs so sicher und allgemein gültig, wie ma-
matische Sätze, und bei ihrer Anwendung mufs man sich vor-
gweise hüten, sie über die Grenzen der zum Grunde liegenden
bachtungen hinaus noch benutzen zu wollen. Das allgemeine
setz ist unbekannt, aus den Beobachtungen weifs man nur, dafs
erhalb gewisser Grenzen die Erscheinungen sich an das daraus

hergeleitete Gesetz anschliefsen. Ob dieses darüber hinaus noch gilt, weifs man nicht, da man aber nur von Erfahrungen ausgegangen ist, so darf man auch keine allgemeine Gültigkeit voraussetzen. Man hat sich zwar mehrfach bemüht, die in solcher Weise gefundenen Gesetze zu erklären und sogar durch leichte Raisonnements zu beweisen, diese Beweise beruhen indessen gewöhnlich auf ganz unsichern Voraussetzungen, und sind sogar in vielen Fällen augenscheinlich unrichtig.

Im Folgenden sollen die wichtigsten derjenigen empirischen Gesetze, die sich auf den Ausfluſs des Wassers durch Oeffnungen in Wänden, oder durch Röhrenleitungen beziehn, mitgetheilt und so weit es geschehn kann, der Zusammenhang derselben mit den allgemeinen mechanischen Gesetzen nachgewiesen werden. Die Bewegung des Wassers in offenen Leitungen wird bei Gelegenheit der Ströme behandelt werden.

Nach einem bekannten Gesetze der Hydrostatik ist der Druck, den das Wasser auf jeden kleinen Theil der Wand eines Behälters ausübt, dem Gewichte eines Wasserprisma's gleich, welches diesen Theil der Wand zur Grundfläche und den verticalen Abstand desselben vom freien Wasserspiegel zur Höhe hat. Dieser Druck wirkt normal gegen die Wandfläche. Für gröfsere Theile der Wand, wo der Abstand vom Wasserspiegel, oder auch die Richtung der Wandfläche sich ändert, läfst sich das Gesetz über Stärke und Richtung des Druckes nicht so kurz ausdrücken. Aus der Zusammensetzung der verschiedenen Pressungen auf die einzelnen Theile kann man indessen immer die Resultate darstellen.

Die Wassertheilchen befinden sich sämmtlich in einer Spannung oder unter einem Drucke, welcher ihrer Druckhöhe oder ihrer verticalen Entfernung vom Wasserspiegel entspricht. Wenn also plötzlich an einer Stelle die Wand des Gefäfses beseitigt wird, so werden die zunächst liegenden Wassertheilchen einen Impuls erhalten, der dem verticalen Abstande vom Wasserspiegel oder der Druckhöhe entspricht, das heifst, sie nehmen dieselbe **Geschwindigkeit** an, welche sie erhalten hätten, wenn sie aus der Höhe des Wasserspiegels bis zu der Oeffnung frei herabgefallen wären. Im Allgemeinen können jedoch nur die ersten Wassertheilchen diese Geschwindigkeit annehmen, die folgenden werden nur in dem Falle ebenso heftig ausspritzen, wenn der Druck vor der Oeffnung durch die

tretende Bewegung nicht vermindert wird. So pflegt beim schnellen
ffnen des Hahns neben der Ausflufsmündung eines Springbrunnens
r Strahl sich im ersten Momente höher zu erheben, als später,
chdem die regelmäfsige Strömung in der Röhre eingetreten ist.
s gleichem Grunde spritzt der so eben erbohrte Artesische Quell
ter dem vollen hydrostatischen Wasserdrucke höher, als später
chieht, indem der Druck nur nach Maafsgabe des Zuflusses sich
tzt.

Das Wasser, welches durch eine Oeffnung in der Wand des
ehälters ausströmt, ersetzt sich mittelbar aus derjenigen Wasser-
icht, welche die freie Oberfläche bildet. Es entsteht nämlich
eder vor der Oeffnung, noch an irgend einer andern Stelle im
nern der Wassermasse ein leerer Raum, sondern der Wasserspie-
l senkt sich. Wenn man daher unter dem allgemeinen mecha-
schen Gesichtspunkte die Verhältnisse beurtheilt, so kommt man
i dem Resultate, dafs die ausströmende Wassermenge wirklich die
eschwindigkeit hat, die der ganzen Druckhöhe entspricht, voraus-
setzt, dafs keine Widerstände eintreten, welche einen Verlust an
bendiger Kraft veranlassen. Es kommt darauf an, zu prüfen, in-
iefern die Erfahrung dieses bestätigt.

Man nehme ein Gefäfs, welches durch eine treppenartig gebro-
ene Fläche begrenzt wird, deren untere Seite im Innern des Ge-
fses liegt. Versieht man die horizontalen Ebenen, welche den
ittstufen einer Treppe entsprechen, mit feinen Oeffnungen, so bil-
n sich bei der Füllung des Gefäfses eben so viele springende
rahlen, die zwar unter verschiedenen Druckhöhen austreten, aber
mmtlich beinahe die Höhe des Wasserspiegels im Gefäfse erreichen.
a nun nach den bekannten Gesetzen der Mechanik die Geschwin-
gkeit eines frei aufsteigenden Körpers in derselben Art abnimmt,
e die des frei fallenden Körpers zunimmt, so darf man den Schlufs
hn, dafs die bemerkten geringen Unterschiede nur vom Wider-
nde der Luft herrühren, und dafs die Geschwindigkeit, womit das
asser ausspritzt, eben so grofs ist, als wenn dasselbe von der
berfläche bis zu den Ausflufsöffnungen frei herabgefallen wäre.
iesen Satz sprach zuerst Torricelli im Jahre 1643 aus, nachdem
die Bestätigung desselben in dem erwähnten Versuche gefun-
n hatte.

Es blieb indessen ungewifs, ob die geringe Verminderung der

Steighöhe nur durch den Widerstand der Luft veranlafst wird, oder ob vielleicht die Geschwindigkeit des austretenden Wassers nicht ganz so grofs ist, als jenes Gesetz besagt. Die Versuche von Michelotti haben die Richtigkeit der ersten Voraussetzung und sonach auch den Torricelli'schen Lehrsatz bestätigt. Bei diesen Versuchen wurde aber nicht die Höhe des springenden Strahls gemessen, die niemals genau bestimmt werden kann, vielmehr liefs Michelotti den Strahl aus einer verticalen Wand hervorspringen und bestimmte die Curve, welche derselbe bildete. Wenn der Torricelli'sche Lehrsatz richtig war, so mufste der Strahl eine halbe Parabel beschreiben, deren Parameter der vierfachen Druckhöhe gleich ist. Michelotti bestimmte durch Messung der Coordinaten die Parameter von drei Parabeln, die sich unter Druckhöhen von ungefähr 7, 12 und 22 Fufs bildeten und fand die Verhältnisse der wirklichen Druckhöhen zu denen, die sich unter obiger Voraussetzung aus der Messung ergaben, gleich

1 : 0,993
1 : 0,988 und
1 : 0,983

Man ersieht also, dafs die Unterschiede bei kleineren Druckhöhen und folglich bei kleineren Geschwindigkeiten, wobei der Widerstand der Luft geringer ist, noch nicht ein Procent erreichen, mit zunehmender Geschwindigkeit wachsen sie etwas an, und dieser Umstand bestätigt die Voraussetzung, dafs nur der Widerstand der Luft die Verminderung der Geschwindigkeit veranlafst.

Man sollte hiernach vermuthen, dafs die Wassermenge, die in der Zeiteinheit durch eine kleine Oeffnung abfliefst, gleich sei dem Producte aus dem Flächeninhalte der Oeffnung in die Geschwindigkeit, welche der Druckhöhe entspricht. Dieses ist indessen nicht der Fall, alle Beobachtungen zeigen vielmehr, dafs weniger Wasser ausfliefst. Diese Beobachtungen geben aber auch zu erkennen, dafs unter übrigens gleichen Umständen die Wassermengen den Quadratwurzeln aus den Druckhöhen proportional sind, oder dafs sie zu jenen Producten in einem constanten Verhältnisse stehn. So ergiebt sich durch Interpolation der von Poncelet und Lesbros gefundenen Resultate, dafs durch eine quadratische Oeffnung von 2 Decimeter Seite, unter dem Drucke von

0,40 0,70 1,00 1,30 und 1,60 Meter,

nassen ausflossen, die sich zu einander verhielten, wie

1,000 : 1,330 : 1,590 : 1,806 : 2,000

r genau mit dem Verhältnisse der Quadratwurzeln aus den ihen übereinstimmt, dieses ist nämlich

1,000 : 1,323 : 1,581 : 1,803 : 2,000.

sich sonach die wirklich ausfliefsende Wassermenge berech- an der Flächeninhalt der Oeffnung in einem bestimmten Ver- verkleinert, oder mit einem aus den Beobachtungen herge- constanten Factor multiplicirt wird. Letzteren nennt man ntractions-Coefficient. Die genaue Ermittelung dessel- seit langer Zeit die Physiker beschäftigt, und wenn gleich ste Theil der angestellten Beobachtungen und Messungen ehr kleinem Maafsstabe ausgeführt ist, so befinden sich dar- ch manche, die sich auf gröfsere Oeffnungen beziehn und esultate daher eine sichere Anwendung auf Schützöffnungen gleichen gestatten. Unter den ältern Beobachtungen die- sind besonders diejenigen wichtig, die Michelotti, sowol der ls der Sohn angestellt haben. Beide benutzten dazu das des Doria, den sie in einiger Entfernung von Turin nach hurme führten, der nur zu diesem Zwecke gebaut war, und ckhöhen sich darstellen liefsen, die bis 24 Fufs maſsen.

er den neueren Arbeiten müssen vorzugsweise die von Pon- l Lesbros erwähnt werden, die sich dadurch auszeichnen, e sehr grofse Wassermenge, die beliebig aus der Mosel ent- wurde, zu den Versuchen verwendet werden durfte. Eine eschreibung der Beobachtungsmethode und des ganzen Ap-) wird schon insofern hier nicht überflüssig sein, als die lenen Rücksichten und Vorsichtsmaafsregeln, die man bei ng hydraulischer Messungen zu nehmen hat, sich dabei klar ellen. Aufserdem aber wird sich hiernach auch um so si- ie Zuverlässigkeit der gefundenen Resultate beurtheilen las- ie Versuche wurden auf Veranlassung des französischen inisteriums in den Jahren 1827 und 1828 angestellt, und tehrungen, die dabei getroffen waren, sind folgende.

erhalb der Festungswerke zu Metz hat die Mosel ein Gefälle

---

xpériences hydrauliques sur les lois d'écoulement de l'eau, par Poncelet s. Paris 1832.

von 12¼ Fufs, wovon jedoch nur ein kleiner Theil als Dr für den ausfliefsenden Wasserstrahl benutzt werden konnte, gröfste Theil desselben für das zweckmäfsige und bequeme gen und Abführen des ausströmenden Wassers erforderli Die gröfste Druckhöhe, die man darstellte, betrug 4¼ Rheinli Fufs. Die verhandenen Bassins und Stauanlagen, welche in catorischen Interesse hier bestehn, eigneten sich nicht zu de achtungen, indem keine Aenderungen daran gestattet waren. E sonach ein besonderes Bassin für das Druckwasser von 112 Quadratruthen Flächeninhalt ausgegraben und eingedeic ches durch einen Zuleitungscanal mit dem Oberwasser der Verbindung stand. Es konnte beliebig trocken gelegt und bis mit Wasser angefüllt werden. Um den Wasserstand in dies sin auf jeder Höhe constant zu erhalten, während bei jedem eine verschiedene Wassermenge consumirt wurde, war es den Ab- und Zufluſs jedesmal zu reguliren und aufserdem d des Wasserstandes sehr genau zu messen. Jener Zuleitu wurde demnach mit einem Schütz versehn, und aus dem wurde das Wasser nicht nur durch diejenigen Oeffnungen a deren Ergiebigkeit man messen wollte, sondern aufserdem no einen seitwärts belegenen Grundablafs, der zur Regulirung serstandes diente, sobald einige Veränderung desselben sich liefs. Der Grundablafs hatte zugleich den Zweck, das B Schlusse jeder Beobachtungsreihe trocken zu legen. Bei de Ausdehnung des Bassins erzeugte jedoch theils der Wind ein lichen Wellenschlag, theils aber liefsen sich auch nach M des jedesmaligen Abflusses gewisse partielle Strömungen Um beide Uebelstände zu beseitigen, wurde eine Weiden darin angelegt.

Zur Beobachtung des Wasserstandes dienten besonde Diese bestanden aus sorgfältig bearbeiteten Maafsstäben, die lothrecht aufgestellt, und mit Nonien versehen waren, welc Stellschrauben bewegt werden konnten. Die Nonien waren den mit abwärts gekehrten Stahlspitzen, deren Berührung Wasserspiegel sich sehr genau beobachten liefs. Die einzel meter (0,46 Linien) konnte man unmittelbar ablesen, doc unter günstigen Umständen nicht schwer, die Zehntheile durch Schätzung zu bestimmen. Von diesen Maafsstäben

erwähnten Bassin drei angebracht, die während
dauernd beobachtet wurden. Der erste befand sich
ndung des Zuleitungscanals, der zweite 13 Fuſs vor
ung und der letzte unmittelbar neben derselben, um
ser hauptsächlich, um die Senkung des Wasserspie
ffnung zu messen. Zur Vergleichung der drei Pegel
rde der Zu- und Abfluſs des Bassins unterbrochen,
s Wasser ins Niveau gestellt.

Die Durchfluſsöffnung, worin der zu untersuchend
ldete, war vierseitig, und zwar 2 Decimeter oder 7 Z
eit und eben so hoch, in einer
atte aber, um das Eintreten all
oiden, welche schon bei kurze
von später die Rede sein wird,
Schneiden begrenzt, welche in
gen, die dem Druckwasser zugekehrt war. Daſs diese Platte mit
grofser Vorsicht eingesetzt wurde, so daſs die Ränder der Oeffnung
wirklich horizontal und vertical lagen, bedarf kaum der Erwähnung,
doch muſs darauf aufmerksam gemacht werden, daſs mittelst des
dritten Pegels auch die Höhe des untern Randes der Oeffnung be-
stimmt werden konnte, sobald man das Wasser im Bassin weit ge-
ung gesenkt hatte. Die Oeffnung wurde durch ein messingenes Schütz,
das an seinem untern Rande gleichfalls zugeschärft war, geschlossen,
nd der Maaſsstab an der Zugstange lieſs die jedesmalige Höhe der
Oeffnung beurtheilen. Hierbei zeigten sich indessen manche Schwie-
igkeiten, denn die Platte, die das Schütz bildete, bog sich merklich
n, auch die Zugstange behielt nicht unverändert ihre Länge, woher
e Anbringung von Absteifungen und andern Vorsichtsmaaſsregeln
d Correctionen nöthig wurde.

Das durch diese Oeffnung strömende Wasser wurde in einem
lzerne Gerinne aufgefangen, und nach dem Unterwasser der Mosel
ührt. Man lieſs jedesmal so lange den Strahl ausspritzen, ohne
ne Ergiebigkeit zu messen, bis die Zu- und Abflüsse vollständig
guirt waren, oder bis man sich durch Beobachtung der Pegel
rzeugt hatte, daſs das Wasser in dem Bassin weder stieg noch
l, sondern seine Höhe unverändert behielt. Sobald dieser Zeit-
kt eingetreten war, ging man zur Bestimmung der Wasser-
nge über, und hierzu diente ein *hölzerner Kasten* unter dem Ge-

rinne, der 808 Cubikfuſs faſste. Ueber diesem Kasten befand
im Boden des Gerinnes eine Klappe, bei deren Oeffnung die
durchfliefsende Wassermenge in den Kasten stürzte. Oeffnete
also beim Schlage einer bestimmten Secunde die Klappe und
man sie wieder nach Verlauf einer passenden Anzahl von
so fing man in dem Kasten die ganze Wassermenge auf, die
rend dieser Zeit vorbeiströmte, oder die in einer gleichen Zeit
der Oeffnung geflossen war. Die erwähnte Klappe schloſs
nicht scharf genug, um ein Durchtröpfeln des Wassers zu
wodurch schon vorher der Kasten zum Theil gefüllt worden
Man brachte deshalb noch eine zweite leichte Rinne unmittelbar
dem Kasten an, die jedesmal beim Oeffnen und Schliefsen der
zurückgezogen oder vorgeschoben wurde.

Um endlich die in dem Kasten aufgefangene Wassermenge
messen, genügte es nicht, nur die Höhe der Füllung zu beobachten,
denn man durfte weder eine genau prismatische Form, noch
eine absolute Steifigkeit der Seitenwände voraussetzen, vielmehr
bauchten diese sich aus, sobald Wasser hineinfloſs. Man stellte daher
neben dem Kasten ein am Boden mit einem Hahne versehenes Fa
auf, welches 968 Liter oder 845 Quart maafs. Dieses füllte man
wiederholentlich mit Wasser an und entleerte es in den Kasten, bis
letzterem wurde aber jedesmal mittelst eines Pegels, der den am
Bassin aufgestellten gleich war, die Höhe des Wasserspiegels gemessen,
und man konnte sonach auch umgekehrt durch einfaches
Ablesen des Pegels den jedesmaligen Inhalt ermitteln. Der Kasten
war übrigens am Boden mit einem Hahn versehn, und wurde, so oft
nur geringe Wassermengen aufgefangen werden sollten, durch Zwischenwände
verkleinert, damit aus der beobachteten Höhe um so sicherer
der Inhalt gefunden werden konnte.

Um den Contractions-Coefficient, oder das Verhältnifs der wirklich
ausfliefsenden Wassermenge gegen diejenigen zu ermitteln, die
man erhalten würde, wenn durch alle Theile der Oeffnung das Wasser
mit der Geschwindigkeit durchströmte, die der jedesmaligen Druckhöhe
entspricht, so mufs zunächst untersucht werden, ob die Differenz
in der Druckhöhe aufser Betracht gelassen werden darf, oder
ob sie auf das Resultat einen merklichen Einfluſs behält. Bei sehr
kleinen oder niedrigen Oeffnungen ist die im Mittelpunkte derselben
stattfindende Druckhöhe als die gemeinschaftliche zu betrachten, um

b die Breite eines horizontalen Abschnittes der Oeffnung, dh öhe desselben und h die mittlere Druckhöhe bedeutet, während e gewöhnlich den Raum bezeichnet, den ein frei fallender Kör- in der ersten Secunde durchläuft, so würde, wenn alle Theilchen herabfielen, die Wassermenge oder

$$dM = 2b \,.\, dh \,.\, \sqrt{gh}$$

L. Der Fall, daſs auch b variabel ist, wie dieses etwa bei kreis- igen Oeffnungen geschieht, ist hier auſser Betracht geblieben, in- er auf diese Beobachtungen nicht Anwendung findet. Es folgt nach

$$M = \tfrac{2}{3} b \,.\, \sqrt{g} \,.\, h \,.\, \sqrt{h} + Const.$$

nt man h diejenige Druckhöhe, die dem Mittelpunkte der Oeffnung pricht, und a die ganze Höhe der Oeffnung, so erhält man

$$M = \tfrac{2}{3} b \sqrt{g} \left[(h + \tfrac{1}{2}a)^{\frac{3}{2}} - (h - \tfrac{1}{2}a)^{\frac{3}{2}} \right]$$

r

$$M = \tfrac{2}{3} bh \,.\, 2\sqrt{gh} \left[\left(1 + \frac{a}{2h}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(1 - \frac{a}{2h}\right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

Wenn die Oeffnung über den Wasserspiegel hinausreicht d letzterer sich in der Höhe H über dem untern Rande der er- ren befindet, so wird

$$M = \tfrac{2}{3} bH \,.\, 2\sqrt{gH}$$

s heiſst, es wird in diesem Falle der dritte Theil weniger aus- ſsen, als wenn die ganze Oeffnung dem Drucke H ausgesetzt wäre.

Wenn dagegen der obere Rand der Oeffnung unter dem Was- erspiegel liegt, oder wenn

$$\tfrac{1}{2}a < h$$

t, während h wieder die Höhe bezeichnet, in welcher der Wasser- piegel über dem Mittelpunkte der Oeffnung sich befindet, so kann an leicht den obigen Werth für M in eine stark convergirende Reihe verwandeln. Man erhält nämlich

$$M = ab \,.\, 2\sqrt{gh} \left(1 - \tfrac{1}{9\,6} \cdot \frac{a^2}{h^2} - \tfrac{1}{2\,0\,4\,8} \cdot \frac{a^4}{h^4} - \dots\right)$$

Der Factor vor der Parenthese bezeichnet die Wassermenge, welche urch die Oeffnung ausfliefsen würde, wenn die Druckhöhe überall leich h wäre, und man kann die Reihe in der Parenthese oder den zweiten Factor unbedenklich gleich Eins setzen, oder die Ver-

schiedenheit des Druckes vernachlässigen, sobald $\frac{a}{h}$ ein kleiner Bru ist. Selbst wenn $a = \frac{1}{4}h$ wäre, oder der Wasserspiegel nur um anderthalbmalige Höhe der Oeffnung über dem obern Rande den ben läge, so würde der Fehler, den man durch Vernachlässig der folgenden Glieder begeht, nur etwa $\frac{1}{4}$ Procent betragen. D nach ist in den nachstehend mitgetheilten Resultaten die Aender des Druckes nur bei den Poncelet'schen Beobachtungen und de die an Schleusenschützen angestellt sind, berücksichtigt worden.

Die folgenden Mittheilungen sind grofsentheils aus dem We von d'Aubuisson *) entnommen, doch sind die Dimensionen der O nungen und die Druckhöhen über den Mittelpunkten auf Rheini disches Maafs reducirt.

A. Kreisförmige Oeffnungen.

Beobachter	Durchmesser	Druckhöhe	Contractions Coefficient
1) Mariotte	3,1 Linien	5,69 Fufs	0,692
2) Derselbe	3,1 „	25,17 „	0,692
3) Castel	4,6 „	0,16 „	0,673
4) Derselbe	4,6 „	0,99 „	0,654
5) Derselbe	6,9 „	0,44 „	0,632
6) Derselbe	6,9 „	0,96 „	0,617
7) Eytelwein	1 Zoll	2,35 „	0,618
8) Bossut	1,04 „	4,14 „	0,619
9) Michelotti	1,04 „	7,10 „	0,618
10) Castel	1,15 „	0,53 „	0,629
11) Weisbach	1,51 „	1,78 „	0,606
12) Venturi	1,57 „	2,80 „	0,622
13) Bossut	2,06 „	12,14 „	0,618
14) Michelotti	2,06 „	7,01 „	0,607
15) Derselbe	3,10 „	7,14 „	0,613
16) Derselbe	3,10 „	12,14 „	0,612
17) Derselbe	3,10 „	21,54 „	0,597
18) Derselbe	6,20 „	6,72 „	0,619
19) Derselbe	6,20 „	11,66 „	0,619

*) *Traité d'hydraulique à l'usage des Ingénieurs par J. E. d'Aubuisson de Voisins.*

B. Quadratische Oeffnungen.

achter	Seite des Quadrats	Druckhöhe	Contractions-Coefficient
. . . . .	4,6 Linien	0,16 Fuſs	0,655
. . . . .	1,03 Zoll	12,14 „	0,616
tti	1,03 „	12,14 „	0,607
e.	1,03 „	21,76 „	0,606
. . . . .	2,06 „	12,14 „	0,618
tti	2,06 „	7,14 „	0,603
be.	2,06 „	12,20 „	0,603
be.	2,06 „	21,60 „	0,602
be.	3,13 „	7,20 „	0,616
be.	3,10 „	12,20 „	0,619
lbe.	3,10 „	21,73 „	0,616

C. Rechteckige breite Oeffnungen.

achter	Höhe der Oeffnung	Breite der Oeffnung	Druckhöhe	Contractions-Coefficient
. . . .	0,35 Zoll	0,75 Zoll	1,05 Fuſs	0,620
be. . .	0,35 „	1,41 „	1,05 „	0,620
be. . .	0,35 „	2,82 „	1,05 „	0,621
be. . .	0,35 „	5,65 „	1,05 „	0,626
ach . .	0,96 „	1,93 „	0,76 „	0,657
be. . .	0,96 „	1,93 „	1,78 „	0,614

obachtungen von Poncelet und Lesbros an recht-eckigen Oeffnungen von 7,647 Zoll Breite.

nung	Contractions-Coefficienten für verschiedene Wasserstände über dem obern Rande der Oeffnung			
	zwischen 5 Fuſs u. 2 Fuſs	zwischen 2 Fuſs u. 6 Zoll	zwischen 6 Zoll u. 2 Zoll	unter 2 Zoll
6	0,603	0,602	0,599	0,593
3	0,613	0,617	0,613	0,611
2	0,619	0,629	0,630	0,624
7	0,624	0,632	nicht beobachtet	0,643
4	0,625	0,642	0,656	0,667
2	0,623	0,649	0,679	0,702

In Bezug auf die letzte Tabelle, welche die Poncelet'schen sultate enthält, ist zu bemerken, dafs die angeführten Werthe Contractions-Coefficienten grofsentheils Mittelzahlen aus mehr Beobachtungen sind, die innerhalb derjenigen Grenzen des Was standes angestellt wurden, welche die Ueberschriften der einze Spalten bezeichnen. Dabei ist die unmittelbar über der Oeffn eintretende Senkung des Niveau's nicht berücksichtigt, sondern Druckhöhe ist vielmehr aus dem Wasserstande hergeleitet, den zweite in 13 Fufs Entfernung aufgestellte Pegel bezeichnete. W man die Senkung des Wasserspiegels berücksichtigt, wie Pon gethan hat, so findet man weit gröfsere Anomalien, und bei kleinsten Wasserständen steigern sich alsdann die Werthe der Co cienten bis gegen 0,8. Die Contractions-Coefficienten sind abe der Art berechnet, dafs die wirklich ausfliefsenden Wassermen mit denjenigen verglichen wurden, welche man erhalten würde, w durch jeden horizontalen Schnitt der Oeffnung das Wasser o Contraction nach Maafsgabe des darüber stattfindenden Druckes strömte. Endlich ist noch zu bemerken, dafs hier nur diejen Beobachtungen berücksichtigt sind, die im Jahre 1828 angen wurden, indem die im vorhergehenden Sommer gemachten Beob tungen weniger vollständig aufgezeichnet waren.

Schliefslich erwähne ich noch einer Beobachtung, die ich a an der neueren Schleuse zu Mühlheim an der Ruhr anstellte. W rend die Unterthore und deren Schütze geschlossen waren, liefs die Kammer durch ein Schütz in einem Oberthore füllen. Die O nung hielt 9,03 Quadratfufs. Die Kammer ist 18 Fufs breit, und zum Abfallboden nahe 140 Fufs lang, wegen der Neigung des B tern ist der horizontale Querschnitt der Kammer in verschiede Höhen verschieden. Der Stand des Oberwassers über dem ob Rande der Schütz-Oeffnung betrug 8 Zoll 11 Linien, senkte sich doch während der Strömung unmittelbar vor den Thoren um $1\frac{1}{2}$ Z An einem in der Kammer aufgestellten Maafsstabe wurde das S gen des Wassers von 6 zu 6 Zoll beobachtet, bis dasselbe den tern Rand der Durchflufs-Oeffnung erreichte. Die Rechnung ei aus 10 einzelnen Beobachtungen den Werth des Contractions-Co cient zwischen 0,57 und 0,63, im Mittel aber 0,604. Die bedeu den Abweichungen rührten augenscheinlich von der heftigen Strö in der Schleusenkammer her, wobei das Wasser periodisch vor

[illegible]stabe immer mehrere Zolle hoch anschwoll, und alsdann wie- sich senkte. Diese Unsicherheit der einzelnen Messungen hatte r auf die ganze Beobachtung oder den angegebenen mittleren rth nur geringen Einfluſs, und die Uebereinstimmung desselben t dem von Poncelet bei der gröſsten Oeffnung und der gröſsten ckhöhe gefundenen Coefficienten verdient bemerkt zu werden. Oberwasser bildete sich während der Beobachtung eine lebhafte ömung, welche eine geringe Senkung des Wasserspiegels vor der chfluſs-Oeffnung veranlaſste. Dieselbe ist in der Rechnung nicht icksichtigt, da sie ungefähr der Geschwindigkeit entsprechen muſste, das Wasser schon vor dem Eintritt in die Oeffnung hatte.

Die angeführten sämmtlichen Beobachtungen zeigen eine gewisse bereinstimmung der Werthe des Contractions-Coefficienten. Der- e scheint zu wachsen, wenn das Verhältniſs der Druckhöhe zur e der Oeffnung zunimmt. Für die in der Praxis vorkommenden le, wo groſse Oeffnungen und verhältniſsmäſsig kleine Druck- en sich am häufigsten wiederholen, dürfte der Coefficient gleich l anzuwenden sein. Lesbros hat versucht, die Abhängigkeit Coefficienten von der Druckhöhe und der Weite der Oeffnung seinen Beobachtungen nachzuweisen, doch bestätigt sich das in er Beziehung gefundene Resultat nicht durch die übrigen Mes- gen. Erwähnung verdient noch, daſs kreisförmige und quadrati- e Oeffnungen unter übrigens gleichen Umständen, beinahe dieselbe traction zeigen, bei sehr flachen Strahlen nimmt dagegen der Con- tions-Coefficient merklich zu.

Im Vorstehenden war nur von dem Falle die Rede, daſs der hl frei austritt, und die ganze Ausfluſs-Oeffnung füllt. Es bleibt r noch zu untersuchen, ob die Resultate sich wesentlich ändern, n der Strahl entweder in ein zweites mit Wasser gefülltes Ge- fieſst, oder wenn über ihm die Oeffnung nicht geschlossen ist.

Wenn die Oeffnung sich in einer Zwischenwand zwischen zwei ſsen befindet, die beide bis über den obern Rand der Oeffnung lt sind, so ist die Druckhöhe gleich der Niveaudifferenz der rseitigen Wasserstände, und es ist zu vermuthen, daſs die Durch- ung in gleicher Art erfolgen wird, als wenn unter demselben e der Strahl frei austritt. Ein Unterschied findet nur in sofern als bei dem Ausfluſs unter Wasser die obern, wie die un- chichten demselben Drucke ausgesetzt sind. Vielfache Beob-

achtungen haben in der That gezeigt, dafs durch gleiche Oeffnu bei gleichem Drucke auch gleiche Wassermengen abfliefsen, dafs der Umstand, ob der Strahl frei in die Luft oder unter W ser austritt, keinen Unterschied macht. Besonders wichtig si dieser Beziehung die Messungen, die man über die Zeit der Fü von Schleusenkammern angestellt hat. Die Resultate, welche E wein in Betreff der Füllung der zweiten massiven Schleuse am E berger Canale anführt, und welche sich auf zwei verschiedene E des Schützenzuges beziehn, gehören hierher. Wenn man die Angabe vernachlässigt, welche sich auf die vollständige Füllun Kammer bezieht, die sich nicht scharf beobachten läfst, so fol der ersten Beobachtungsreihe der Contractions-Coefficient gleich und aus der letzten 0,636. Die einzelnen Beobachtungen zeig grofse Abweichungen, dafs dieser Unterschied der Hauptres nicht auffallen darf.

Aehnliche Beobachtungen führen auch Navier (in Belidor's *S des Ingénieurs*) und d'Aubuisson an, die theils an einer Schleu Canal du Midi und theils zu Hâvre angestellt sind. Jene gebe Contractions-Coefficient bei verschiedenen Wiederholungen zwi 0,594 und 0,647, im Mittel aber 0,625 und diese bei einmaliger sung gleichfalls 0,625. Es mufs aber bemerkt werden, dafs b sen beiden Beobachtungen der Strahl Anfangs noch nicht unter ser ausströmte, sondern dieses erst gegen die Mitte jedes Ver geschah.

Für die unter Wasser ausfliefsenden Strahlen stellt sich nach der Contractions-Coefficient, soweit die Beobachtungen hi ein Urtheil gestatten, ebenso grofs heraus, wie bei denjenigen, v frei in die Luft treten. Dieses Resultat durfte man auch erw wenn man nicht etwa annehmen wollte, dafs unter starkem D das Wasser an Beweglichkeit verliert. Dafs Letzteres nicht de ist, haben vielfache Beobachtungen bewiesen, und namentlich in rer Zeit diejenigen von Darcy, welche zeigen, dafs bei gle Ueberdrucke die Röhren noch dieselbe Wassermenge liefern, man auf beiden Seiten die Druckhöhe um 50 Fufs vergröfser

Endlich bleibt noch zu untersuchen, welchen Contractions-C cient die Beobachtungen ergeben, wenn die Ausflufsöffnun über das Oberwasser hinausreicht, also die oberste Schic Strahles gar keinem Drucke ausgesetzt ist. Diese Schicht, v

f den darunter befindlichen aufliegt, wird augenscheinlich nur von esen in Bewegung gesetzt. Hieraus erklärt sich die starke Senkung s Wasserspiegels vor der Oeffnung. Wenn man diese unbeachtet ſst, und die Druckhöhe nach dem Niveau in einiger Entfernung r der Oeffnung bestimmt, so wird dadurch gewissermaafsen eine usgleichung veranlafst.

Zur Ermittelung des Contractions-Coefficient für diesen Fall d wieder vielfache Messungen angestellt. Bidone fand ihn nach ei Beobachtungen gleich 0,607 und aus andern sechs Beobachtun- n im Mittel gleich 0,603. D'Aubuisson dagegen im Mittel aus chs Beobachtungen bei sehr kleinen Wasserständen von 1 bis 2 ll gleich 0,617. Die Messungen, welche Eytelwein in seinem ndbuche der Hydraulik anführt, die in einem Bache neben Brom- rg vom Bau-Inspector Kypke angestellt wurden, sind

Breite der Oeffnung	Druckhöhe über dem unteren Rande	Contractions-Coefficient
0,500 Fuſs	1,250 Fuſs	0,632
0,833 „	0,900 „	0,621
1,167 „	0,720 „	0,633
1,500 „	0,596 „	0,640
2,146 „	0,480 „	0,619
3,448 „	0,344 „	0,633

Bei den Bobachtungen von Poncelet und Lesbros war dagegen e Breite der Durchfluſsöffnung gleich 7,647 Zoll.

Druckhöhe über d. untern Rande	Contractions-Coefficient
7,95 Zoll	0,583
6,23 „	0,589
3,94 „	0,593
2,33 „	0,600
1,72 „	0,610
0,88 „	0,624

Die Werthe der Contractions-Coefficienten, die Poncelet aus enselben Beobachtungen findet, sind theils gröſser, theils auch we- iger übereinstimmend, als die vorstehenden. Er führte indessen die

Rechnung in der Art, dafs er aus den Senkungen des Wasserspiegels in der Oeffnung die gewonnenen lebendigen Kräfte und aus diesen die in Vergleichung gestellten Wassermengen herleitete. Ich habe dagegen, wie auch Eytelwein, die Senkung des Wasserspiegels vor der Oeffnung unbeachtet gelassen und die Rechnung so geführt, als ob bis zur Oeffnung das Niveau des Oberwassers sich fortsetzte.

Nachdem gezeigt worden, dafs die Wassermenge, welche durch die Oeffnung in der Wand eines Gefäfses ausfliefst, nicht so groß ist, als man nach der Gröfse der Oeffnung und nach der Druckhöhe erwarten sollte, dafs sie vielmehr in einem beinahe constanten Verhältnisse kleiner ausfällt, und nachdem schon früher nachgewiesen ist, dafs die Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers wirklich der jedesmaligen Druckhöhe entspricht, so kann jener Unterschied der Wassermengen nur dadurch erklärt werden, dafs der Strahl an der Stelle, wo er die volle Geschwindigkeit annimmt, einen Querschnitt bildet, der in einem constanten Verhältnisse kleiner, als der Flächeninhalt der Oeffnung ist. Die Beobachtungen zeigen auch sehr deutlich, dafs der Strahl beim Austreten aus der Oeffnung dünner wird, und dieses nicht nur, wenn er herabfällt, wo die Abnahme seines Durchmessers eine Folge der Beschleunigung durch den freien Fall wäre, sondern die Verminderung des Querschnittes hinter der Oeffnung giebt sich auch sehr augenscheinlich zu erkennen, wenn der Strahl horizontal oder aufwärts gerichtet ist.

Bei kreisförmigen Oeffnungen hat man vielfach den Durchmesser des contrahirten Strahles unmittelbar gemessen und dadurch das Verhältnifs zum Durchmesser der Oeffnung bestimmt. Dasselbe stellte sich nach früheren Untersuchungen annähernd auf 0,80 und Michelotti's genauere Beobachtungen ergaben folgende Resultate.

Druckhöhe	Durchmesser der Oeffnung	kleinster Durchmesser	Abstand des letzten ve der Oeffnung
6,7 Fufs	6,209 Zoll	4,902 Zoll	2,45 Zoll
11,7 „	6,209 „	4,894 „	2,45 „
7,1 „	3,104 „	2,439 „	1,22 „
12,1 „	3,104 „	2,432 „	1,19 „
21,5 „	3,104 „	2,344 „	1,15 „

Vernachlässigt man die kleinen Differenzen, die eine Verminderung des kleinsten Durchmessers des Strahles bei zunehmendem Druck zeigen, so nimmt nach den ersten beiden Beobachtungen der Durchmesser des Strahles im Verhältnisse von 6,209 zu 4,898 und nach den drei letzten im Verhältnisse von 3,104 zu 2,405 ab. Hieraus ergeben sich die Coefficienten für die Verminderung der Durchmesser gleich 0,789 und 0,775 und für die Verminderung der Querschnitte gleich 0,622 und 0,601, also nahe übereinstimmend mit den aus der Vergleichung der Wassermengen gefundenen Contractions-Coefficienten.

In der letzten Spalte der vorstehenden Tabelle sind noch die Abstände der stärksten Contraction des Strahles von der Oeffnung angegeben, wiewohl die Bestimmung derselben ziemlich unsicher ist. Der Theil des Strahles, der zunächst der Oeffnung liegt, bildet also einen abgestutzten Kegel, und das Verhältniſs des Durchmessers der Oeffnung zu dem des kleinsten Querschnittes und zu dem Abstande beider ist

1 : 0,78 : 0,39.

Wenn die Ausflufsöffnung nicht kreisförmig ist, sondern eine andere linige Figur bildet, so zeigt sich die auffallende Erscheinung, die Querschnitte des Strahles nicht immer derjenigen der Oeffnung entsprechen, sondern in geringem Abstande von der letztern vortretenden Kanten sich abstumpfen und weiterhin statt derselben tiefe Furchen sich bilden, wogegen der Strahl in der Mitte Seiten stark anschwillt. Der Strahl behält indessen auch diese nicht lange. Die vortretenden Rippen, die niemals scharfe **ten bilden, senken sich, während die dazwischen liegenden Flä- anschwellen, und aus ihnen wieder neue Rippen hervortreten, lafs die Rippen sich in Furchen und umgekehrt die letzteren in pen verwandeln. In dieser Weise nimmt der Strahl, so lange ine zusammenhängende Masse bildet, abwechselnd verschiedene rschnitte an, indem die stumpfen Kanten sich in hohle Seiten- hen und umgekehrt verwandeln. Bei Strahlen, die aus dreiseiti- Oeffnungen unter starkem Drucke austreten, kann man bis zehn her Abwechselungen wahrnehmen.**

Die Ursache dieser auffallenden Erscheinung ist allein in der enannten Molecular-Attraction, oder in der Spannung der Oberhe zu suchen. Dieselbe ist bekanntlich umgekehrt dem Krüm-

mungshalbmesser proportional, sie zieht also am stärksten die sch vortretenden Kanten und Rippen zurück und theilt dadurch Wassermasse in denselben eine solche Seitenbewegung mit, dafs l tere sich noch fortsetzt, wenn auch die Kraft aufhört und ihr sc entgegenwirkt.

Am sorgfältigsten haben Poncelet und Lesbros diese Ersc nung beobachtet, indem sie in bestimmten Entfernungen kleine E men um den Strahl anbrachten, von welchen aus scharfe Stahlspi bis zur Berührung gegen den Strahl geschroben und dadurch s Form bestimmt wurde. Diese Messungen sind insofern sehr wicl als sie auf manche Umstände hinweisen, die beim freien Aus des Wassers in Betracht kommen. In Fig. 69 und 70 auf Tal sind die Längen- und Querschnitte zweier Strahlen dargestellt, die Messungen sie ergaben. Die Seitenansicht Fig. 69 zeigt e Strahl, der aus einer quadratischen Oeffnung von 7,647 Zoll W unter einem Drucke von 5,353 Fufs über dem Mittelpunkte der (nung tritt. Die mit *a*, *b*, *c* u. s. w. bezeichneten punktirten Li weisen die Stellen nach, wo die mit denselben Buchstaben ü schriebenen senkrechten Querschnitte gemessen sind. Bei letzt ist zugleich die Ausfluſs-Oeffnung in der entsprechenden Höhe angegeben. Der Einfluſs der Schwere giebt sich durch die Senl des Strahles schon in dem Profile *d* deutlich zu erkennen, und i auffallender in allen folgenden.

Die Verfasser haben die Flächeninhalte der sämmtlichen messenen Querschnittte und deren Verhältnisse zur Fläche der (nung wie nachstehend gefunden.

Profil	Abstand: Centimeter	Querschnitt: Quadrat-Centimeter	Verhältnifs
—	0,0	400,00	1,000
a	6,4	252,05	0,630
b	11,0	245,12	0,613
c	15,0	237,46	0,594
d	20,0	233,01	0,583
e	25,0	232,04	0,580
f	30,0	225,06	0,563
g	35,0	239,48	0,599
h	40,0	243,62	0,609
i	45,0	244,27	0,615

Die starke Verminderung der Fläche im Profil *f* gab Veranlassung, die Messung derselben zu wiederholen. Ihr Werth stellte sich dabei auf 226,925 und bei nochmaliger Wiederholung auf 226,848 Quadrat-Centimeter. Das Verhältniſs zur Fläche der Durchfluſsöffnung war demnach 0,567. Wenn man die Differenzen der Zahlen in der letzten Spalte vergleicht, so lassen sie ein sehr complicirtes Gesetz vermuthen, und besonders auffallend sind dabei die Unregelmäſsigkeiten, die das Profil *f* zeigt. Man kann nicht umhin, einigem Verdachte in Bezug auf die Richtigkeit der Messung Raum zu geben, man müſste aber vermuthen, daſs dieses Profil und sonach auch das Verhältniſs desselben gröſser wäre, als es angegeben ist.

Der gegen das Profil *f* angeregte Zweifel erklärt indessen noch keineswegs die starke Verengung, oder die groſse Geschwindigkeit in allen nächsten Profilen. Diese ist vielmehr die Folge von der Senkung des Strahles, nachdem er die Oeffnung passirt hat. Wegen dieser Senkung sind die vertical gemessenen Profile etwas gröſser als die gegen den Strahl normal gerichteten, und da letztere allein die wirkliche Geschwindigkeit bezeichnen, so ist diese sogar noch gröſser, als sie sich nach Poncelet's Rechnung herausstellt. Ich habe aus der mittleren Geschwindigkeit des Strahles in der Oeffnung, wie ihn die Rechnung ergiebt, nämlich 5,7424 Meter und unter der Voraussetzung, daſs die Richtung derselben horizontal sei, die Senkungen für die Abstände 0,15 u. s. w. bis 0,35 also für die Profile *c* bis *g* berechnet und daraus die Zunahme der Geschwindigkeit hergeleitet. Ferner habe ich die in der obigen Tabelle angegebenen Flächen der Querprofile auf den normalen Querschnitt reducirt, und gefunden, daſs sie nach Entfernung des Einflusses der Senkung des Strahles in folgenden Verhältnissen zur Durchfluſsöffnung stehn:

Profil	*c*	. . .	0,6190
-	*d*	. . .	0,6157
-	*e*	. . .	0,6213
-	*f*	. . .	0,6105
-	*g*	. . .	0,6578

Es ergiebt sich hieraus in Bezug auf das Profil *f* eine noch auffallendere Anomalie, als aus der früheren Tabelle, dagegen zeigen diese Verhältnisse durchaus nichts, was mit dem Princip der Erhaltung der lebendigen Kräfte im Widerspruch wäre. Der Contractions-Coefficient erreicht vielmehr hiernach noch nicht die früher an-

gegebene Gröfse, und um ihn mit der wirklich erhaltenen Wassermenge in Uebereinstimmung zu bringen, mufs man noch einigen Verlust an lebendiger Kraft voraussetzen.

Fig. 70 zeigt die Seitenansicht und die Querprofile eines Strahles, der durch dieselbe Oeffnung, jedoch bei einem so niedrigen Wasserstande ausfliefst, dafs der obere Rand der Oeffnung nicht benetzt wird. Der untere Rand derselben befindet sich 6,894 Zoll unter dem Spiegel der ungesenkten Wasserfläche. Beim Punkte *A*, in einem Abstande von 11,47 Zoll beginnt die Senkung, und in der Oeffnung selbst beträgt sie schon 7,3 Linien. Das erste Querprofil *a* ist in der Oeffnung gemessen, die folgenden an den Stellen, die in der Seitenansicht mit denselben Buchstaben bezeichnet sind. Diese Profile sind insofern wichtig, als sie zeigen, dafs die oberen Wasserschichten, die keinem starken Drucke ausgesetzt waren, und denen daher durch solchen auch keine grofse Geschwindigkeit mitgetheilt wurde, sich nicht in ihrer Lage erhielten, sondern bald, wie namentlich das Profil *d* zeigt, seitwärts herabflossen.

Es mufs noch erwähnt werden, dafs die Profil-Messungen an beiden Strahlen nicht weiter fortgesetzt werden konnten, weil letztere über diese Grenzen hinaus nicht zusammenhängend blieben, vielmehr einzelne Tropfen sich schon von ihnen ablösten.

Im Vorstehenden sind die Erscheinungen mitgetheilt, welche beim Durchfliefsen des Wassers durch Oeffnungen in dünnen Wänden einteten, und zwar unter der Voraussetzung, dafs der Querschnitt des Gefäfses viel gröfser, als der der Oeffnung ist, oder dafs das Wasser ohne merkliche Geschwindigkeit sich der letzteren nähert. Findet diese Bedingung nicht statt, so ändert sich der Contractions-Coefficient sehr bedeutend nach Maafsgabe der Geschwindigkeit des zuströmenden Wassers. *) Hierauf wird später bei Gelegenheit der Röhrenleitungen zurückgekommen werden. Diejenige Contraction, von der hier die Rede ist, stellt sich aber, wie nachgewiesen worden, beim Wasser unter sehr verschiedenen Umständen immer nahe in gleicher Gröfse heraus, auch für die Luft weicht sie nach anderen Beobachtungen nicht wesentlich davon ab, und selbst der Strahl des ausfliefsenden Sandes nimmt in einiger Entfernung unter der hori-

*) Untersuchungen im Gebiete der Mechanik und Hydraulik von J. Weisbach. II. Abtheilung. Leipzig 1843.

ntalen Oeffnung wieder in ähnlichem Verhältnisse einen geringeren erschnitt an. Die Ursache der Contraction darf man daher niger in den Eigenschaften der Flüssigkeiten, als in den allgemei- n Gesetzen der Mechanik suchen.

Newton*) erklärte zuerst die Erscheinung, indem er sagte: ie Wassertheilchen treten nicht sämmtlich senkrecht durch die effnung, sondern gehn grofsentheils in schräger Richtung hindurch, dem sie von allen Seiten aus dem Gefäfse zusammenfliefsen und gen die Oeffnung convergiren. Da sie aber ihre Richtung verän- rn, und die des ausspritzenden Strahles annehmen müssen, so wird terer etwas unterhalb der Oeffnung dünner, als in der Oeffnung lbst."

Newton untersucht die hierbei eintretenden mechanischen Ver- ltnisse nicht näher, führt aber an, er habe in einem Strahle, der s einer Oeffnung von $\frac{1}{4}$ Zoll austrat, das Verhältnifs der Durch- esser gleich 25 : 21 also der Flächen gleich 1 : 0,706 gefunden, und acht darauf aufmerksam, dafs dieses mit

$$1 : \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ oder } 1 : 0{,}7071$$

he übereinstimmt, woraus folgen würde, dafs die Ergiebigkeit des rahles eben so grofs wäre, als wenn die Wasserfäden sich senk- cht bewegten, die Druckhöhe aber nur die halbe Gröfse hätte.

Navier**) gelangt zu demselben Resultate, indem er von dem rincip der Erhaltung der lebendigen Kräfte ausgeht, und annimmt, fs die Wassertheilchen bis unmittelbar vor der Oeffnung sich voll- ndig in Ruhe befinden, hier aber plötzlich durch einen starken tofs herausgetrieben werden. Unter dieser Voraussetzung stellt ch allerdings das Verhältnifs zwischen der erlangten Geschwindig- it und der zur ganzen Druckhöhe gehörigen, wie $1 : \sqrt{2}$ heraus. an kann diese Erklärung indessen nicht als richtig ansehn, weil ch den obigen Mittheilungen die Geschwindigkeit keine merk- che Verminderung erfährt.

Aufserdem ist die Voraussetzung, dafs die Wassertheilchen in er Oeffnung durch einen plötzlichen Stofs in heftige Bewegung ver-

---

*) *Philosophiae naturalis principia. Vol. II. Sect. VII. Probl. VIII.*

**) *Résumé des leçons données à l'école des ponts et chaussées. II. Partie.* §. 52.

setzt werden, nicht richtig. In ein gläsernes Gefäfs, dessen I die Ausfluſs-Oeffnung enthielt, leitete ich mittelst einer feinen eine gefärbte Flüssigkeit, deren Bewegung nach dem Eintritt Wassermasse deutlich wahrgenommen werden konnte. Es erga dafs der gefärbte Faden, dessen Geschwindigkeit sich aus dem schnitte ungefähr beurtheilen liefs, sich anfangs sehr langs Oeffnung näherte, sich aber allmälig beschleunigte, und ohn plötzlichen Stofs zu erfahren durch die Oeffnung drang. Da auch noch bemerkt werden, dafs dieser Faden nirgend eine Ecke zeigte, sondern wenn er auch zur Seite der Oeffnun über dem Boden seinen Anfang nahm, doch immer eine gek nicht aber eine gebrochene Linie bildete.

Eine zweite Erklärung der Contraction, die gleichfalls vier herrührt, darf ebenso, wie die von Andern darin eing Modificationen, unbeachtet bleiben, da sie augenscheinlich richtigen Voraussetzungen beruht, wenn sie gleich den Coe sehr nahe in derselben Gröfse darstellt, den die Beobachtu gaben.

Unter allen Versuchen zur theoretischen Begründung d thes des Contractions-Coefficienten verdient wohl diejenige weise beachtet zu werden, die schon Dubuat *) andeutete. beruht auf Annahmen, die auch nach andern Erscheinun wahrscheinlich sind, und den allgemeinen Gesetzen der M nicht widersprechen.

Das Wasser fliefst nicht durch alle Theile der Oeffn gleicher Geschwindigkeit. Vielfache Erfahrungen zeigen dafs das bewegte Wasser die ruhenden Wassertheilchen, di rührt, mit sich fortreifst. Ebenso werden auch die bewegt chen durch die ruhenden zurückgehalten, und so geschieht die gröfste Geschwindigkeit in dem Mittelpunkte der Oeffn bildet, während von hier ab die Wasserfäden rings umher mer langsamer bewegen und unmittelbar neben dem Rand Bewegung gar nicht Theil nehmen. Diese Abnahme der G digkeit des Wassers bedingt aber keineswegs eine Vermind lebendigen Kraft, wie dieses der Fall wäre, wenn eine b zeugte Geschwindigkeit durch Reibung zerstört würde.

*) *Principes d'Hydraulique.* I. §. 5.

14. Ausfluſs durch Oeffnungen.

wenig wie ein Verlust an lebendiger Kraft dadurch entsteht, daſs die übrigen Theile der Wand gar kein Durchfließen gestatten, oder die Geschwindigkeit daselbst gleich Null ist, so tritt ein solcher auch hier nicht ein, wo die Nähe der Wand nur die Bildung einer mäßigeren Geschwindigkeit erlaubt. Sodann bewegen sich die einzelnen Wassertheilchen convergirend gegen den Mittelpunkt der Oeffnung, und indem sie sich hier weder kreuzen noch durchdringen, so müssen sie parallel zur Achse des Strahls sich weiter bewegen. Hieraus entsteht ein vermehrter Druck gegen die mittleren Fäden und somit eine größere Geschwindigkeit derselben. Auf diese Art kann die Geschwindigkeit des mittleren Fadens größer werden, als diejenige, welche ihm nach Maaſsgabe des Wasserstandes über der Oeffnung zukommt. Es schließt aber durchaus keinen Widerspruch in sich, wenn bei der Bewegung eines Systems von Körpern einige derselben eine größere Geschwindigkeit annehmen, als die, welche ihrer Fallhöhe entspricht, insofern andre den betreffenden Verlust tragen. Läſst man z. B. einen Wassertropfen aus der Höhe von 4 Zoll in eine Schale mit Wasser fallen, so spritzen häufig einige kleine Tröpfchen bis 8 Zoll hoch und noch darüber. Es wird also in diesem Falle eine Geschwindigkeit erzeugt, die größer ist, als sie bei der Fallhöhe sein sollte, aber nur ein kleiner Theil der abgefallenen Masse nimmt diese Geschwindigkeit an.

Die Geschwindigkeit des Wassers ist sonach während des Durchganges durch die Oeffnung sehr verschieden. Am Rande der letzteren ist sie nämlich gleich Null, sie vergrößert sich in den Fäden, welche der Mitte näher liegen und erreicht in allmähligen Uebergängen in der Achse des Strahles ihr Maximum. Die ganze lebendige Kraft des austretenden Strahles muſs aber, insofern von jeder Reibung abgesehn wird, derjenigen gleich sein, welche das Wasser im Verluste durch seine Senkung erzeugt.

Unter diesen Voraussetzungen tritt in jeder Zeiteinheit ein Wasserkegel aus der Oeffnung hervor, der letztere zur Basis hat und dessen Höhe der Geschwindigkeit des mittleren Fadens gleichkommt. Der Einfachheit wegen nehme ich an, daſs die Oeffnung kreisförmig ist, ich setze den Radius der Oeffnung gleich ϱ und die Geschwindigkeit des mittleren Fadens gleich c, alsdann ist die Geschwindigkeit im Abstande r vom Rande

$$v = \frac{r}{\varrho} c$$

Bezeichnet nun M die Wassermenge, die in der Zeiteinheit austritt, und L die lebendige Kraft derselben, so hat man für den dünnen Ring im Abstande r vom Rande

$$dM = 2(\varrho - r)\frac{r}{\varrho} dr \,.\, c\pi$$

$$\text{und } dL = 2(\varrho - r)\left(\frac{r}{\varrho}\right)^2 dr \,.\, c^2\pi$$

Beides integrirt in den Grenzen

von $r = o$

bis $r = \varrho$

giebt $M = \frac{1}{2}\varrho^2 \pi c$

und $L = \frac{1}{10}\varrho^2 \pi c^2$

Die verschiedenen Geschwindigkeiten der austretenden Wasserfäden gleichen sich aber nach dem Austritt aus der Oeffnung bald aus, indem der Strahl sich nunmehr ganz frei bewegt. Die mittleren Fäden werden daher von den äufsern zurückgehalten und diese von jenen beschleunigt. Nach dieser Ausgleichung sei die gemeinschaftliche Geschwindigkeit gleich x und der Halbmesser des Wasserstrahles verwandle sich nunmehr in R, so hat man

$$M = R^2 \pi \,.\, x$$

$$L = R^2 \pi \,.\, x^2$$

Setzt man die beiden Ausdrücke für M einander gleich und ebenso die beiden für L, so findet man

$$x = c \,.\, \sqrt{0{,}3}$$

$$\text{und } R^2 = 0{,}6086 \,.\, \varrho^2$$

Der letzte Zahlen-Coefficient bezeichnet das Verhältnifs, in welchem der Flächeninhalt der Oeffnung verkleinert werden mufs, wenn man mit Berücksichtigung der jedesmaligen Druckhöhe die ausfliefsende Wassermenge finden will, und dieses stimmt in der That mit dem beobachteten nahe überein. Man überzeugt sich übrigens leicht, dafs, wenn kein Verlust an lebendiger Kraft eintritt, x nichts anderes sein kann, als die der Druckhöhe des Wassers entsprechende Geschwindigkeit, und sonach ist die Geschwindigkeit des mittleren Fadens beim Austritt aus der Oeffnung

$$c = 1{,}8258 \,.\, x$$

das heifst, um fünf Sechstheile gröfser, als sie beim freien Herab-

fallen der Wassertheilchen vom Wasserspiegel bis zur Oeffnung sein würde.

Die vorstehende Herleitung bezieht sich nur auf die Erscheinung im Allgemeinen, läſst aber alle Einzelheiten unberührt, die ohne Zweifel manche Modificationen veranlassen. Schon eine andere Form der Oeffnung dürfte eine geringe Aenderung des Contractions-Coefficienten zur Folge haben. Besonders wichtig ist aber der Einfluſs, den auf denselben die Gestaltung des Behälters in der Nähe der Oeffnung ausübt, indem dadurch der Zutritt des Wassers von der Seite bedingt wird. Wenn nämlich die Ausfluſsöffnung sich nicht in einer ebenen Fläche und in hinreichendem Abstande von den Seitenwänden befindet, so vergröſsert oder vermindert sich der Coefficient. Das erste geschieht, sobald eine oder mehrere Wände sich sehr nahe an der Oeffnung befinden, oder dieselbe seitwärts berühren. Wenn dagegen die Oeffnung durch eine Röhre in das Innere des Behälters verlegt wird, so vermindert sich die ausfliessende Wassermenge. Borda's Versuche zeigen, daſs bei der letzten Anordnung der Contractions-Coefficient bis auf 0,515 verringert werden kann. Man muſs dabei aber vermeiden, daſs der Strahl die Wände der Röhre berührt, denn sonst wirkt letztere, wie eine Ansatzröhre, und vergröſsert die Ergiebigkeit der Oeffnung.

§. 15.

Ausfluſs des Wassers durch Ansatzröhren.

Wenn der Ausfluſs durch sehr kurze Röhren erfolgt, deren Länge nur wenig gröſser ist, als ihr lichter Durchmesser, oder durch sogenannte Ansatzröhren, so zeigen die austretenden Strahlen manche auffallende Unterschiede gegen diejenigen, die sich in der Oeffnung einer dünnen Wand bilden.

In die verticale und ebene Wand eines Blechgefäſses, das etwa 3 Zoll weit und 9 Zoll hoch war, schnitt ich ohnfern des Bodens eine Oeffnung von 1 Zoll Breite und $\frac{1}{4}$ Zoll Höhe ein, und löthete in diese eine Messingplatte, worin sich zwei gleiche kreisförmige Oeffnungen befanden, von denen die eine in dünner Wand eingeschnitten, und die andre mit kurzer Ansatzröhre versehn war. So-

bald ich das Gefäfs mit Wasser füllte, stellten sich beide Strahl nebeneinander dar. Sie unterschieden sich in dreifacher Beziehung

1, Der Strahl aus der Oeffnung in der dünnen Wand hatte einen geringeren Querschnitt als der aus der Ansatzröhre.

2, Der erste wurde in gleichem Abstande viel weniger, als der letzte, durch die Schwere herabgezogen. Das Wasser in ihm hatte also eine gröfsere Geschwindigkeit angenommen.

3) Das äufsere Ansehn beider Strahlen war auffallend verschieden. Der Strahl aus der Oeffnung in der dünnen Wand glich einem geschliffenen Glasstabe, alle Gegenstände spiegelten sich darin und er zeigte keine Bewegung. Der Strahl aus der Ansatzröhre hatte dagegen ein mattes Ansehn und eine trübe Färbung, seine Oberfläche war fein gefurcht, und indem die Fasern wie kleine Wellen ihre Stellung fortwährend veränderten, so entstand ein flimmernder Glanz auf demselben. Doch nicht allein diese Bewegungen unterscheiden ihn von dem ersteren, sondern aufserdem war er einem starken Schwanken ausgesetzt, welches in sehr kurzen Perioden sich wiederholte. Sobald aber der Wasserstand im Gefafse sich bis auf einige Linien über den Oeffnungen vermindert hatte, verschwanden die Eigenthümlichkeiten des zweiten Strahles und er nahm das Ansehn des ersteren an.

Die beiden ersten Unterschiede sind schon oft bemerkt worden, man hat auch die Wassermengen, welche durch cylindrische Ansatzröhren abgeführt werden, durch vielfache Beobachtungen zu ermitteln gesucht. Wählt man zur Vergleichung wieder diejenige Wassermenge, welche abfliefsen würde, wenn keine Contraction des Strahles einträte, so ist das Verhältnifs durchschnittlich, wie 1 zu 0,82. Der Werth dieses Contractions-Coefficienten schwankt nach den verschiedenen Beobachtungen zwischen 0,80 und 0,83. Wenn hierin eine gröfsere Uebereinstimmung, als in den Beobachtungen über den Ausflufs durch Oeffnungen in einer dünnen Wand zu liegen scheint, so rührt dieses wohl davon her, dafs diese Beobachtungen mit mehr Sorgfalt, zahlreich und nur in kleinem Maafsstabe ausgeführt wurden. Später hat sich besonders Castel, Ingenieur der Wasserwerke zu Toulon, mit Beobachtungen über Ansatzröhren beschäftigt, und nicht nur die Wassermengen, sondern auch die Geschwindigkeiten untersucht, mit der Strahl ausfliefst. Nach den im Jahre 1837 zu Toulon

n Beobachtungen *) gab eine cylindrische Röhre von 7,1 Li-
und 18,4 Linien Länge unter Druckhöhen von 8 Zoll bis
nach sechs verschiedenen Beobachtungen das Verhältniſs
rmengen sehr übereinstimmend 0,829 und die Form des
elche der Strahl beschrieb, zeigte, daſs die Geschwindig-
m derjenigen, die der Druckhöhe entsprach, wie 0,826
oder im Mittel wieder wie 0,829 : 1 verhielt. Es ergiebt
s, daſs in diesem Falle keine eigentliche Contraction statt-
Durchmesser des Strahles vielmehr mit dem der Oeffnung
mt, und die geringere Ergiebigkeit der Oeffnung allein
'erringerung der Geschwindigkeit herrührt.
: man, woher die Ansatzröhre die ausfliefsende Wasser-
rmehrt und deren Geschwindigkeit vermindert, so läſst sich
Erklärung dafür geben, doch ist es bis jetzt nicht gelun-
Zahlenwerth des Coefficienten durch Rechnung zu begrün-
s Wasser haftet bekanntlich an den Metallen, woraus man
n darstellt. Es haftet aber auch an der umgebenden Luft,
Wasserstrahl reiſst letztere mit Heftigkeit mit sich, wie man
i Wasserfällen und starken springenden Strahlen wahrneh-
n. Wird nun die Oeffnung in der dünnen Wand mit ei-
tzröhre versehn, die sehr kurz ist und noch nicht ihren
urchmesser zur Länge hat, so berührt der Strahl gar nicht
e und tritt in gleicher Art, wie aus einer Oeffnung in dün-
l heraus. Sobald aber die Röhre an Länge zunimmt, oder
n die Geschwindigkeit sehr geringe wird, so berührt der
n irgend einer Stelle die Röhre und sogleich haftet er daran.
ihrung dehnt sich aber weiter aus, während die Luft, die
wischen dem Strahle und der Röhrenwand befindlich war,
erem herausgeführt wird und sich nicht mehr ersetzt, weil
inge gesperrt sind. Auf solche Art ist der Druck der Luft
ite Veranlassung, um die Ansatzröhre vollständig mit Was-
üllen. Die Wassertheilchen, welche in die Oeffnung treten,
sich alsdann nicht mehr wie früher überwiegend in der Mitte
n und hier die groſse Geschwindigkeit erzeugen, weil sonst
re am Rande leer bleiben würde. Es erfolgt also eine gleich-
e Vertheilung der Wassermasse über die ganze Fläche der

*) Mitgetheilt in den *Annales des Mines. Tome XIV.* Sept. u. Oct. 1838.

Oeffnung, als früher, und die lebendige Kraft, welche die zutret
Wassertheilchen haben, wird weniger auf die Bildung der st
Geschwindigkeit des mittleren Fadens verwandt, als auf die V
gröfserung der bewegten Masse. Auffallend ist es, dafs die le
dige Kraft des aus der Oeffnung in der dünnen Wand tret
Strahles ziemlich nahe gleich ist der lebendigen Kraft des, d
die gleich weite Ansatzröhre fliefsenden Strahles, während die W
sermengen sich nahe wie 3 zu 4 verhalten.

Wichtig sind noch andre Erscheinungen an den Ansatzröh
Venturi versah die Ansatzröhre mit feinen Seitenöffnungen, d
diese flofs aber nicht Wasser ab, vielmehr drang Luft hinein. D
Strahl löste sich alsdann von den Wänden und nahm die Eig
schaften des aus der Oeffnung in dünner Wand austretenden Str
an. Man hat diesen Versuch auch unter dem Recipienten der Lu
pumpe wiederholt, dabei jedoch im Allgemeinen keine Aender
wahrgenommen, und nur in einzelnen Fällen, wo die Ansatzröh
besonders kurz war, schien der Strahl zur Füllung der ganzen Röh
weniger geneigt zu sein, als unter dem gewöhnlichen Luftdruck
Ueberraschend ist noch die Erscheinung, die schon Daniel Bernou
bemerkte, dafs nämlich durch eine abwärts gekehrte Seitenröhr
welche in die Ansatzröhre an derjenigen Stelle einmündet, wo d
freie Strahl die stärkste Contraction erfährt, kein Wasser ausfliefs
vielmehr aus einem darunter befindlichen Gefäfse Wasser aufgesog
wird.

Die Ansatzröhren haben oft andere Formen, als die cylindri
sche, und namentlich die Gestalt von Kegeln oder Pyramiden, d
in der Richtung des Strahles sich verengen, oder erweitern. De
ersten Fall hat besonders Castel sehr ausführlich untersucht. Wen
der Winkel der Convergenz der gegenüberstehenden Seite
sich von 0 Grad bis 180 Grad verändert, so kann man sowol d
Oeffnung in der dünnen Wand, als auch die cylindische Ansatzröh
als äufserste Grenzen der conischen Ansatzröhren betrachten.

Castel benutzte in der That eine Reihe von conischen Ansat
röhren, die verschieden convergirten, und bestimmte sowol die au
fliefsenden Wassermengen, als auch die Geschwindigkeiten, und zw
wurden die letzteren aus der Form der Parabel hergeleitet, welc
der Strahl beschrieb, sie bezogen sich aber auf den kleinsten od
den äufsersten Querschnitt der Ansatzröhre. Auf diese Art stel

Coefficienten, einen für die Wassermenge und einen Geschwindigkeit dar, durch Division des ersten durch en ergab sich aber noch ein dritter Coefficient, nämlich der traction. *) Bei diesen Ansatzröhren, deren Durchmesser ngsten Stelle jedesmal 7,1 Linie und deren Länge 18,4 Li- ng, wurden als Mittelzahlen von 5 und 6 Beobachtungen, bwechselndem Drucke von 8 Zoll bis 10 Fufs angestellt r die verschiedenen Convergenzwinkel die folgenden Coef- gefunden:

swinkel	Coefficient der		
	Wassermenge	Geschwindigkeit	Contraction.
0′	0,829	0,829	1,00
36′	0,866	0,867	1,00
10′	0,895	0,894	1,00
10′	0,912	0,910	1,00
26′	0,924	0,919	1,00
52′	0,930	0,932	1,00
58′	0,934	0,942	0,99
20′	0,938	0,951	0,99
4′	0,942	0,955	0,99
24′	0,946	0,963	0,98
28′	0,941	0,966	0,97
36′	0,938	0,971	0,97
28′	0,924	0,970	0,96
0′	0,919	0,972	0,95
0′	0,914	0,974	0,94
58′	0,895	0,975	0,92
20′	0,870	0,980	0,89
50′	0,847	0,984	0,86

tel theilt noch andere Beobachtungen mit, die sich auf Ansatz- on verschiedener Weite und verschiedener Länge beziehn. gehe dieselben, da sie nicht genügen, um das Gesetz ge- ı verfolgen, welches sich hiernach schon im Allgemeinen ellt. Man bemerkt, dafs der Coefficient der Geschwindigkeit

*) iese Beobachtungen sind in den *Annales des Mines 1833* mitgetheilt.

bei zunehmender Convergenz wächst und der der Contraction a nimmt. Durch Verbindung beider erhält man den Coefficient Wassermenge, der, soweit sich dieses aus der Tabelle beurth läfst, etwa bei 13 Graden sein Maximum erreicht.

Es giebt noch einige Beobachtungen, die über die conis oder vielmehr pyramidalen Ansatzröhren im Grofsen angestellt Bei den im südlichen Frankreich seit langer Zeit üblichen hori talen Mühlrädern wird nämlich der Wasserstrahl durch eine p midale Zuleitungsröhre auf die Schaufeln des Rades geführt. Ingenieur Lespinasse untersuchte eine solche Röhre, sie war 9 F 4 Zoll lang und ihr oblonger Querschnitt maafs neben der Einf mündung in den Seiten 27,9 und 37,3 Zoll, dagegen in der Aus mündung 5,2 und 7,2 Zoll. Die Seiten convergirten also in Win von $11\frac{1}{4}$ und $15\frac{1}{4}$ Graden. Die Druckhöhe betrug 9 Fufs 4 Z Es ergaben sich aus drei Beobachtungen die Coefficienten der W sermenge

0,987 0,976 und 0,979.

Es war also der Erfolg noch günstiger, als man nach den Cas schen Beobachtungen erwarten sollte, und es ist bemerkenswer dafs man durch die ziemlich rohe Praxis dieses Mühlenbaues den vortheilhaftesten Convergenzwinkel geführt worden ist.

Endlich können die Ansatzröhren auch divergirend se d. h. sie können abgestutzte Kegel bilden, deren engere Oeffnu die Einflufsmündung und deren weitere Oeffnung die Ausflufsmünd ist. Mittelst dieser kann man den gröfsten Coefficient der Was menge darstellen, wenn man das engste Profil, also die Einfl mündung als Querschnitt des in Vergleich gestellten Cylinders sieht. Für die Oeffnung in der dünnen Wand war der Coeffici gleich 0,61, für die cylindrische Ansatzröhre 0,82, für die diver rende conische Ansatzröhre wird er gröfser als Eins und nach Beobachtungen von Venturi und Eytelwein wächst er bis $1\frac{1}{4}$ sogar bis $1\frac{1}{2}$. Letzteres geschieht, wenn man eine convergir conische Ansatzröhre von der Form des contrahirten Strahles mittelbar davor anbringt und der divergirenden Ansatzröhre neunfachen Durchmesser des kleinsten Querschnittes zur Länge und ihre Seiten unter einem Winkel von 5° 6′ gegen einander In die näheren Details dieser Beobachtungen einzugehn scheint flüssig, da eine Anwendung derselben kaum denkbar ist.

Es muſs hierbei noch bemerkt werden, daſs die in dem engsten rofile der zuletzt erwähnten Ansatzröhre erzeugte sehr grofse Geschwindigkeit keineswegs mit den allgemeinen dynamischen Gesetzen Widerspruch steht. Dieses würde nur der Fall sein, wenn das asser mit dieser Geschwindigkeit frei ausströmte, was jedoch keiswegs geschieht. Die ganze Wassermenge, die sich auf einmal der Röhre befindet, ist als ein zusammenhängendes System von örpern zu betrachten, welches gegenseitig seine Geschwindigkeit dingt. Ist die mittlere Geschwindigkeit im engsten Profile gleich 1, beträgt sie bei der angegebenen Gestalt der divergirenden Röhre der Ausflufsmündung noch nicht $\frac{1}{2}$, oder die Geschwindigkeit, mit das Wasser ausspritzt, ist nur etwa die Hälfte von der, die beim freien Falle von der ganzen Druckhöhe erlangen würde. e lebendige Kraft wird also nicht vergröfsert, sondern im Gegenil sehr bedeutend vermindert. Es muſs aber noch darauf aufmerksam gemacht werden, daſs in diesem Falle nahe dieselbe Erfahrung durch die Beobachtung sicher festgestellt ist, die bei der Führung der Contraction des aus dünner Wand austretenden Strahles eingetreten ist, daſs nämlich einzelne Theile der bewegten Wassermasse oder des Strahles eine gröfsere Geschwindigkeit annehmen, als diejenige ist, die sie beim freien Herabfallen vom Niveau des Druckwassers erhalten konnten.

§. 16.

Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen.

Wenn eine längere, vollständig mit Wasser gefüllte cylindrische Röhre aus einem weiteren Bassin gespeist wird, so ist der erste Theil derselben nichts anderes, als eine Ansatzröhre. In diesem bildet sich die Geschwindigkeit, die, in der Richtung der Röhre gemessen, sich unverändert durch die ganze Leitung fortpflanzt, weil eben sowol die Querschnitte, wie auch die Wassermengen, welche durch diese hindurchfliefsen, dieselben sind. Letzteres ist die nothwendige Folge theils von dem Mangel an merklicher Comprimirbarkeit des Wassers, und theils von dem Drucke der äufsern Luft, der die Bildung leerer Räume in der Röhre nicht

gestattet. Diese constante Geschwindigkeit in der ganzen A nung der cylindrischen Leitung bezieht sich aber keineswe alle darin befindlichen Wassertheilchen, nur die mittlere Ge digkeit in jedem Querschnitt, und zwar in der Richtung de gemessen, bleibt überall dieselbe. Sie ändert sich auch be setztem Durchflusse nicht, wenn die Druckhöhe constant i ter Druckhöhe versteht man aber die Niveau-Differenz : Ober- und Unterwasser, oder wenn der Strahl nicht unte austritt, zwischen dem Oberwasser und dem Mittelpunkte flufsmündung.

Ein Theil dieser Druckhöhe wird verwendet, um dem welches gewöhnlich sich vorher in Ruhe befand, die Geschw mitzutheilen, während der andre die Widerstände in de überwindet. Man unterscheidet daher die Geschwind Höhe und die Widerstands-Höhe, die zusammen di höhe darstellen. Was die erstere betrifft, so ergeben die tungen bei engen Röhren, und zwar bei mäfsigen Geschwin dafs dieselbe mit dem oben (§. 15.) hergeleiteten Contractio cienten der cylindrischen Ansatzröhren übereinstimmt. Be Leitungen ist aber die Geschwindigkeits-Höhe vergleich zur Widerstands-Höhe unmerklich klein, und kann daher ol theil unbeachtet bleiben, wie dieses in Frankreich auch üb

Man sollte vermuthen, dafs die Bewegung des Wass lindrischen Röhren, als eine der einfachsten hydraulischer nungen, leicht zu verfolgen, und daher die Gesetze, denen worfen ist, eben so leicht nachzuweisen sein müfsten. Be gen Röhren und mäfsigen Geschwindigkeiten ist dieses der Fall, aber keineswegs bei weiteren Röhren.

In dieser Untersuchung mufs auch die Neigung der Rö den Horizont berücksichtigt werden. Zuerst mag von sol tungen die Rede sein, die ganz oder doch nahe horizo legt sind. Der Druck, der in der ganzen Länge der Widerstände überwinden mufs, kann nicht wie in eine Gerinne, oder in einem Stromlaufe durch seine freie Obe jeder Stelle unmittelbar dasjenige Gefälle darstellen, we Widerständen entspricht. Es mufs vielmehr eine Uebertr Druckes eintreten, und diese erfolgt entweder nur durch Spannung, in welcher die ganze Wassermasse sich befi

...in jenen engen Röhren der Fall ist, oder es treten innere Bewegungen ein, die häufig übermäfsig stark sind, die man auch deutlich erkennt, wenn man durch Glasröhren mit dem Wasser zugleich Lycopodium hindurchtreiben läfst. Man bemerkt alsdann, dafs die ganze Masse sich in wirbelnder und anscheinend ganz unregelmäfsiger Bewegung befindet. Sehr auffallend unterscheiden sich auch beide Arten der Bewegung durch das Ansehn des aus der Leitung austretenden Strahles. Derselbe gleicht einem festen Glasstabe mit glatter Oberfläche und zeigt sich ganz unbeweglich, so lange die innern Bewegungen in der Röhre fehlen. Sobald diese jedoch eintreten, so schwankt er nicht nur hin und her, sondern seine Oberfläche nimmt auch einen matten Glanz, wie geätztes Glas an, und läfst unter der Lupe eine zahllose Menge kleiner Wellen erkennen.

Im letzten Falle wird also dem Wasser eine viel gröfsere Geschwindigkeit mitgetheilt, als sich aus der austretenden Masse erkennen läfst. Letztere, dividirt durch den Querschnitt, giebt die mittlere Geschwindigkeit in der Richtung der Leitung gemessen, während der erwähnte Versuch deutlich zeigt, dafs die Wassertheilchen sich wirklich in ganz anderen Richtungen bewegen. Es ist denkbar, dafs die grofse lebendige Kraft, die dem Wasser bei dem Eintritt in die Röhre mitgetheilt wird, und die sich eben in den Wirbeln zu erkennen giebt, zur Ueberwindung der Widerstände auf dem ganzen Wege dient. In diesem Falle müfste indessen in der Nähe der obern Mündung die innere Bewegung stärker sein, als vor der Ausmündung, was ich doch nie bemerken konnte. Die Erscheinung ist daher keineswegs aufgeklärt, und man ist noch nicht im Stande, sie auf die allgemeinen Gesetze der Mechanik zurückzuführen. Gewifs ist nur, dafs die sogenannte Widerstandshöhe keineswegs allein zur Ueberwindung der Widerstände neben der Röhrenwand, die man theils als Reibung und theils als Klebrigkeit ansieht, verwendet wird, sondern vorzugsweise die innern Bewegungen erzeugt.

Unzweifelhaft gestaltet sich die Erscheinung am einfachsten in engen Röhren und zwar bis zu denjenigen Geschwindigkeiten, wo die innern Bewegungen beginnen. Obwohl dieser Fall in grössern Wasserleitungen nicht leicht vorkommt, so steht er doch mit den Erscheinungen bei diesen in sehr naher Beziehung und dient zum Theil zur Erklärung derselben. In jenem Falle ist die Wider-

standshöhe oder die Niveau-Differenz, welche zur Ueberwindung der Widerstände verwendet wird, der ersten Potenz der mittleren Geschwindigkeit, oder der ausfliefsenden Wassermenge proportional, aufserdem ist sie aber auch umgekehrt proportional dem Quadrate des Durchmessers der Röhre.

Letzteres ergab sich unzweifelhaft aus Beobachtungen, die ich mit drei verschiedenen, sorgfältig ausgeschliffenen Röhren von 1,11 . . . 1,84 und von 2,71 Rheinl. Linien Weite anstellte *), erstere war schon früher bemerkt worden. Wenige Jahre später gelangte Poiseuille zu demselben Resultate, indem er zu den Messungen sehr feine Haarröhren von 0,007 bis 0,40 Rheinl. Linien Weite benutzte. Diese Untersuchung verfolgte vorzugsweise den physiologischen Zweck, die Gesetze der Bewegung des Blutes im thierischen Körper aufzufinden. Poiseuille legte seine Arbeit der Pariser Academie der Wissenschaften vor, und da die bereits erwähnten Resultate, von den bisher geltenden wesentlich abwichen, so ernannte die Academie eine Commission, zu der auch Arago gehörte, welche den Gegenstand näher prüfen sollte. Diese betheiligte sich an den Messungen und konnte nur die gefundenen Resultate bestätigen **).

Sowol meine, als diese Untersuchung zeigte, dafs die Bewegung des Wassers in engen Röhren in hohem Grade von der Temperatur abhängt, wie Gerstner dieses schon früher gefunden hatte ***). Dieser Einfluſs der Temperatur veranlafst eigenthümliche Erscheinungen. Bei höherem Wärmegrade gewinnt das Wasser an Beweglichkeit, hierdurch bilden sich innere Bewegungen, und in Folge derselben vermindert sich die in der Richtung der Röhre gemessene Geschwindigkeit, oder die ausfliefsende Wassermenge. Wenn ich beispielsweise auf die enge Röhre von 1,17 Linie Weite und 18 Zoll Länge einen Druck von 11 Zoll wirken liefs, so nahm in der Richtung der Röhre gemessen die Geschwindigkeit von 27 bis 36 Zoll zu, sobald das Wasser von 0 bis 18 Grad Réaumur erwärmt wurde. Bei weiterer Erwärmung traten innere Bewegungen ein, die ein Theil der Druckhöhe consumirten, und dadurch jene Geschwindigkeit

*) Poggendorff's Annalen. Bd. 46. 1839.

**) Der Commissions-Bericht vom 25. December 1842 ist in den *Annales de chimie, Ser. III. Tom VII.* vom Jahre 1843 abgedruckt, derselbe auch in Poggendorff's Annalen, Band 58. 1843 aufgenommen.

***) Gilbert's Annalen. Band 5. 1800.

wieder verminderten, die bei 32 Grad nur noch 31,6 Zoll maafs. Bei dieser Temperatur hatten sie sich vollständig ausgebildet und nunmehr vergröfserte sich wieder bei noch höheren Wärmegraden die ausfliefsende Wassermenge oder die Geschwindigkeit in der Richtung der Röhre. Letztere nahm freilich nur sehr langsam zu, doch fand ich sie bei 67 Grad gleich 35,4 Zoll. Indem ich diese Verhältnisse näher untersuchte*), bemühte ich mich nochmals, ein allgemein gültiges Gesetz für die Bewegung des Wassers in Röhren aufzustellen. Ich benutzte zu den Versuchen wieder dieselben Röhren, deren Weite ich aufs Neue maafs, ich liefs jedoch die Strahlen frei in die Luft austreten, um ihre Beschaffenheit wahrnehmen zu können.

Wenn c die mittlere Geschwindigkeit in der Richtung der Röhre, h die Druckhöhe (also die Niveau-Differenz zwischen dem Spiegel des Druckwassers und dem Mittelpunkte der Ausfluſs-Oeffnung), L die Länge der Röhre und D ihren Durchmesser bezeichnet, Alles in Rheinländischen Zollen ausgedrückt, so fand ich

$$h = \alpha . D + \beta \frac{c L}{D^2} + \gamma c^2 + \delta \frac{c^2 L}{D}$$

Der constante Factor α des ersten Gliedes, das von der Geschwindigkeit ganz unabhängig ist, bezeichnete die Molecular-Attraction oder die Spannung der Oberfläche im austretenden Strahle, die nach Maafsgabe des Durchmessers D einen bestimmten Gegendruck bildete. Die Stärke dieser Spannung schlofs sich sehr nahe an denselben Werth an, der sich für die frisch gebildete Oberfläche des Wassers, aus der Gröfse der abfallenden Tropfen ergiebt. Er ist von der Temperatur abhängig, doch stellt sich dieses erste Glied stets so geringe dar, dafs man es vernachlässigen darf. Es verschwindet auch ganz, wenn man den Strahl unter Wasser austreten läfst.

Das dritte Glied bezeichnet die Geschwindigkeits-Höhe, der constante Factor γ hatte nahe denselben Werth, den die mit kurzen Ansatzröhren angestellten Versuche ergaben (§. 15), derselbe ist sowol von der Temperatur, wie auch von der Länge und Weite der Röhre unabhängig.

---

*) Ueber den Einfluſs der Temperatur auf die Bewegung des Wassers in Röhren. Abhandlungen der Academie der Wissenschaften. Berlin 1854.

Eine nähere Betrachtung verdient das zweite Glied, welches bei engen Röhren und mäfsigen Geschwindigkeiten vorzugsweise die letzteren bedingt. Indem es das Quadrat des Durchmessers im Nenner enthält, so ergiebt sich, dafs es für kleine D überwiegend grofs sein mufs. Es wäre dabei zu erwähnen, dafs eine etwas grössere Uebereinstimmung mit den Beobachtungen sich noch darstellen liefs, wenn ich annahm, dafs eine sehr dünne Wasserschicht neben der Röhrenwand an der Bewegung gar nicht Theil nahm. Die Dicke derselben fand ich gleich 0,0013 Zoll, doch schien sie auch von der Temperatur abhängig zu sein. Dadurch verwandelt sich das zweite Glied in

$$\beta \frac{cLD^2}{(D-0{,}0026)^4}$$

doch kann man von dieser unbedeutenden Correction absehn, da sie das Resultat nur wenig ändert, auch kaum durch meine Beobachtungen unzweifelhaft festgestellt ist, während Poiseuille's Beobachtungen ihr direct widersprechen. Der Factor β ändert sich sehr auffallend mit der Temperatur. Indem ich die Beziehung zwischen beiden suchte, kam ich endlich zu den Ausdrücken

$$\beta = 0{,}00006338 - 0{,}00001441\sqrt[3]{\tau}$$

oder auch

$$\beta = 0{,}000015\,(\sqrt[3]{80} - \sqrt[3]{\tau})$$

worin τ den Thermometer-Grad nach der Réaumurschen Scale bezeichnet und Rheinländisches Zollmaafs zum Grunde gelegt ist.

Ich mufs noch hinzufügen, dafs die erste Potenz der Geschwindigkeit im Zähler dieses Gliedes und die zweite des Durchmessers im Nenner sich vollständig erklären, wenn man wieder in derselben Weise, wie beim Ausflufs des Wassers durch Oeffnungen in dünner Wand (§. 14) geschah, eine stätige Zunahme der Geschwindigkeit von der Wand der Röhre bis zur Achse derselben annimmt. Es mag in dieser Beziehung genügen, auf meine letzterwähnte Abhandlung zu verweisen, und wäre nur zu erwähnen, dafs keine andre Voraussetzung dabei gemacht ist, als die an sich sehr plausible, dafs der Widerstand den zwei sich begrenzende unendlich dünne Lamellen ihrer gegenseitigen Verschiebung entgegensetzen, bei gleichen Flächen, der Gröfse dieser Verschiebung proportional ist.

Was endlich das vierte Glied des obigen Ausdrucks für h be-

ft, so stellt es den üblichen Werth der Widerstandshöhe für wei-
e Röhren dar. Nach meinen Beobachtungen ist der constante
ctor δ gleichfalls, jedoch nur in sehr geringem Grade von der
mperatur abhängig. Aufserdem stellte sich auch eine etwas grö-
re Uebereinstimmung zwischen den Beobachtungen dar, wenn ich
n Exponent von c etwas verminderte und den von D etwas ver-
öfserte, doch konnten die in sehr kleinem Maafsstabe angestellten
essungen hierüber nicht entscheiden, vielmehr läfst sich über die
rm und den constanten Factor dieses vierten Gliedes nur unter
grundelegung von Beobachtungen an weiteren Röhren mit Sicher-
it urtheilen.

Unter diesen an weiten Röhren angestellten Messungen
nd zuerst diejenigen zu erwähnen, die Couplet im Jahre 1732 der
riser Academie vorlegte. Er hatte dieselben an 7 verschiedenen
eitungen bei Versailles gemacht. Die Leitungen waren 4 bis 18
oll weit und 1700 bis 11400 Fufs lang, man würde also hieraus
hr wichtige Resultate ziehn können, wenn die Messungen sicher
ären. Von der einen Leitung bemerkte Couplet selbst, dafs sie
ch in sehr schlechtem Zustande befunden habe, ob die sämmtlichen
öhren aber durch Niederschläge oder vielleicht durch angesammelte
uft stellenweise verengt waren, wurde nicht untersucht. Diese ge-
ammten Messungen schliefsen sich auch an keine der bisher aufge-
tellten Theorien an, woher man daraus immer nur zwei bestimmte
usgewählt hat, bei denen dieses ungefähr statt findet.

Demnächst hat Bossut mit 3 Röhren Beobachtungen angestellt,
ie 1, $1\frac{1}{4}$ und 2 Zoll weit waren, und nach und nach von 30 bis
80 Fufs verlängert, und jedesmal dem Drucke von 1 und 2 Fufs
usgesetzt wurden. Endlich theilt Dubuat in seinem bekannten
Verke noch 56 eigne Messungen an Röhren von $\frac{3}{4}$ Linien bis 1 Zoll
urchmesser mit. Von diesen sind jedoch bisher immer nur diejе-
igen 10 benutzt worden, die sich auf die einzölligen Röhren be-
ehn.

Die vorstehend benannten Beobachtungen, die sämmtlich aus
em vorigen Jahrhunderte herrühren, liegen allein allen bisherigen
heorien zum Grunde. In neuerer Zeit sind freilich noch durch das
stitution of Civil Engineers Messungen von Provis an einer $1\frac{1}{2}$ zöl-
igen Röhre bekannt gemacht worden, die jedoch unter sich viel

weniger übereinstimmen, als diejenigen von Bossut und Dubuat, woher von denselben nie Gebrauch gemacht ist.

Dubuat versuchte zuerst aus seinen eignen und den erwähnten frühern Beobachtungen eine allgemein gültige Regel über die Bewegung des Wassers in Röhren aufzustellen, der Ausdruck zu dem er gelangte und der zugleich die Bewegung in offenen Gerinnen umfassen sollte, war indessen so complicirt, dafs er wohl niemals einer Rechnung zum Grunde gelegt ist.

Woltman, der die Deutschen Hydrotecten zuerst mit Dubuat's *Principes d'hydraulique* bekannt machte*), vereinfachte diesen Ausdruck in Betreff der Röhrenleitungen sehr wesentlich, indem er nachwies, dafs nach den vorliegenden Beobachtungen der Widerstand, also die Druckhöhe nahe der $\frac{7}{4}$ Potenz der Geschwindigkeit und umgekehrt der Röhrenweite proportional sei. Auch Eytelwein empfahl, bei genaueren Rechnungen nicht die zweite, sondern eine etwas niedrigere Potenz, nämlich die $\frac{11}{6}$ zu wählen.

Für gewöhnliche Fälle stellte Eytelwein**) das einfache Gesetz auf, dafs die Widerstandshöhe $H' = K\frac{v^2 L}{D}$ sei. Eytelwein versuchte auch, das Quadrat der Geschwindigkeit dadurch zu begründen, dafs bei doppelter Geschwindigkeit in gleicher Zeit von derselben Röhrenwand nicht nur die doppelte Anzahl der Wassertheilchen, sondern diese auch noch einmal so schnell abgerissen werden müssen. Dieses Räsonnement ist indessen sehr zweifelhaft, wenn man die mechanischen Verhältnisse schärfer auffafst. Aufserdem wird dabei nur die Reibung gegen die Röhrenwand in Betracht gezogen, von den innern Bewegungen aber ganz abgesehn, und endlich findet dieses Gesetz, wie bereits erwähnt, in engen Röhren keine Bestätigung. Was dagegen die Einführung des Durchmessers D in den Nenner betrifft, so erklärt Eytelwein dieselbe dadurch, dafs der Widerstand bei gleicher Länge verschiedener Röhren dem Umfange, also dem Durchmesser proportional sein müsse, sich aber auf die ganze Wassermasse, oder auf den Querschnitt vertheile, woher der Widerstand für jeden einzelnen Wasserfaden dem Durchmesser dividirt durch das Quadrat desselben, oder umgekehrt dem Durchmesser proportional sei.

*) Beiträge zur hydraulischen Architectur. Band I. Göttingen 1791.

**) Handbuch der Mechanik und Hydraulik. Berlin 1801.

Obwohl diese Begründungen, wobei die ganze Wassermenge, sich gerade in der Röhre befindet, als ein fester Körper betrachtet, keineswegs als vollgültige Beweise angesehn werden können, so stellt der Ausdruck, zu dem sie führen, sich doch sehr befriedigend dar, und dieses um so mehr als die sogenannte Geschwindigkeits-Höhe gleichfalls dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist, sich sonach leicht mit der Widerstands-Höhe verbinden läfst. Ist H die ganze Druckhöhe und L die Länge der Röhre, so findet man, wenn alle Gröfsen in Rheinländischen Fufsen ausgedrückt sind,

$$c = 45{,}4 \sqrt{\frac{HD}{L + 50 . D}}$$

In gleicher Weise, wie diese Formel bisher bei uns allen bezüglichen Rechnungen zum Grunde gelegt wurde, so ist dieses in Frankreich mit dem Ausdrucke geschehn, den Prony wenige Jahre später aus denselben Beobachtungen herleitete*). Der letzte Ausdruck unterscheidet sich jedoch von jenem dadurch, dafs darin die Geschwindigkeitshöhe unbeachtet bleibt, dagegen vorausgesetzt wird, dafs der Widerstand nicht nur von der Reibung der Röhrenwand, sondern auch von der Klebrigkeit derselben herrührt. Prony nimmt aber an, dafs jene der zweiten und diese der ersten Potenz der Geschwindigkeit proportional sei. Ob diese Unterscheidung, die schon Coulomb einführte, sich wirklich begründet, mag dahin gestellt bleiben, jedenfalls liefs sich aber ein schärferer Anschluſs an die Beobachtungen erreichen, indem zwei Glieder, mit zwei unbekannten constanten Factoren eingeführt wurden. Zur Zeit, als Prony die Formel berechnete, war indessen die Methode zur Auffindung der wahrscheinlichsten Werthe der Factoren aus einer gröfseren Anzahl von Beobachtungen noch wenig bekannt, und daher sind die Resultate auch nicht in aller Strenge richtig. Er gelangte zu dem Ausdruck

$$c = -0{,}175 + \sqrt{(0{,}03 + 922 . PD)}$$

worin P das relative Gefälle, also die Widerstandshöhe dividirt durch die Länge der Röhre bedeutet, und c und D in Metern ausgedrückt sind. Wenn dagegen die Geschwindigkeit und die Röhrenweite in Rheinländischen Fufsen gemessen werden, so verwandelt sich dieser Ausdruck in

*) *Recherches physico-mathématiques des eaux courantes. Paris 1804.*

$$c = -0{,}557 + \sqrt{(0{,}31 + 2937 \,.\, PD)}$$

Indem aus den erwähnten Beobachtungen mit einiger Sic
gefolgert werden konnte, dafs der Widerstand nicht der v
sondern einer etwas geringeren Potenz der Geschwindigkeit p
tional sei, so mufste entweder eine solche angenommen ode
ein zweites Glied eingeführt werden, welches die erste Pote
hielt. Letzteres hat Prony gethan, und gewifs war dieses di
sendere, dadurch kommt man aber, wenn man c ausdrück
auf eine quadratische Gleichung, welche zugleich die erste
der Unbekannten enthält, und daher in der Anwendung etw
bequem ist. Um diesem geringen Uebelstande zu begegnen,
Vorschlag von Woltman, c unter einen gebrochenen Exp
einzuführen, mehrfach befolgt, was um so mehr zulässig e
als bei der Unsicherheit der zum Grunde liegenden Beobac
doch kein sicheres Resultat zu erwarten stand. In dieser Be
hatte ich in der früheren Ausgabe dieses Werkes die Ein
der $\frac{1}{4}$ Potenz empfohlen, die nach jenen Beobachtungen sich
wahrscheinlichste herausstelle und eine sehr bequeme logarit
Berechnung gestattete. Saint Venant veränderte diesen Exp
in $\frac{3}{7}$, während Dupui dem Ausdrucke, wonach aus der
menge und dem Gefälle die Weite der Röhre berechnet werd
wieder die Voraussetzung zum Grunde legte, dafs die Dr
der zweiten Potenz der Geschwindigkeit proportional sei.

Indem gröfsere Leitungen weder vollkommen cylindri
gestellt, noch auch wenn dieses der Fall wäre, dauernd i
Regelmäfsigkeit erhalten werden können, da Verengunge
Niederschläge, auch wohl durch Ansammlung von Luft aller
unerachtet, unvermeidlich sind, so rechtfertigt sich gewifs
sicht, stets solche Weiten zu wählen, dafs voraussichtlich
giebigkeit gröfser, als das Bedürfnifs ist. Durch theilweise
sung der Hähne kann man alsdann leicht die nöthige Re
veranlassen. Aus diesem Grunde ist die Ansicht vielfach ve
dafs die Technik einer nähern Kenntnifs der Gesetze über
wegung des Wassers in cylindrischen Röhren nicht bedarf
ist aber nicht der Fall, da die Anlage sich unbedingt w
vertheuert, wenn man Weiten wählt, welche jedes Bedürfn
übersteigen, man aber auch bemüht sein mufs, nach den je
gen localen Verhältnissen den erforderlichen Zusatz in den

g zu bemessen, und hierzu die Kenntnifs der Ergiebigkeit, die ormalem Zustande eintreten würde, unentbehrlich ist. Dazu t aber noch, dafs eine Technik, die ihrer Natur nach sich auf nschaft gründet, von solcher Willkühr frei werden mufs, sobald lie Gelegenheit sich bietet.

etzteres war bisher nicht der Fall, da die vorliegenden Beobgen, in so fern sie sich auf weitere Röhren bezogen, zu unwaren, als dafs man zuverlässige Resultate daraus hätte ziehn . Dieser Mangel ist gegenwärtig in höchst anerkennungsr Weise durch die Messungen gehoben, welche Darcy an der leitung Chaillot in Paris angestellt hat*). Wenn dadurch eineswegs alle Zweifel vollständig gelöst sind, so übertreffen beobachtungen doch so sehr alle früheren an Vollständigkeit härfe, dafs der Versuch sich rechtfertigt, aus ihnen die Gerzuleiten, denen das Wasser beim Durchfliefsen cylindrischer folgt. Darcy hatte freilich nicht zu diesem Zwecke die gen angestellt, er wollte vielmehr daraus nur gewisse Regeln ı, wonach die Ergiebigkeit verschiedener Röhren, wie sie geh zur Anwendung kommen, beurtheilt werden kann. Er e daher auch Röhren, worin sich durch langen Gebrauch chläge abgesetzt hatten, so wie auch solche, von denen jede m Ende weiter, als am andern war. Bei den Glasröhren en sich die an verschiedenen Stellen gemessenen Querschnitte zu 7 gegen einander, auch bei den Asphaltröhren und den ı Blechröhren war die regelmäfsige cylindrische Form keinesorauszusetzen. Ob solche, mit unregelmäfsigen Röhren anen Versuche wirklich von Nutzen sind, mufs man wohl ben, da die Gröfse der Unregelmäfsigkeiten doch nicht constant d man daher bei Anwendung der Röhren gleicher Art auch vegs dieselben Resultate erwarten darf. Gewifs würden diese gen von viel gröfserer Bedeutung und zugleich in technischer ng viel nützlicher gewesen sein, wenn auf die Darstellung st regelmäfsiger cylindrischer Formen mehr Aufmerksamkeit det wäre. Hiernach war es nothwendig, der nachstehenden chung nur diejenigen Beobachtungsreihen zum Grunde zu

*) *Recherches expérimentales rélatifs au mouvement de l'eau dans les tuar H. Darcy. Paris* 1857.

legen, bei denen vorausgesetzt werden durfte, dafs die Röhr auffallend unregelmäfsig waren.

Der Einflufs dieser gröfsern, oder minderen Abweichu der regelmäfsigen Form stellt sich in den Beobachtunge scheinlich heraus. Eine Asphaltröhre (No. VII) hatte zum sehr genau dieselbe Weite, wie eine Blechröhre (No. II) noch sind die darnach berechneten Constanten im Verhält 2 zu 3 verschieden. Die an den einzelnen Röhren angestellte gen stimmen dagegen unter sich so genau überein, wie d zu wünschen ist, und hiervon überzeugt man sich leicht, v die Messungen nach den relativen Gefällen P und den Geschwindigkeiten c graphisch aufträgt: ein Beweis, daf obachtungen mit grofser Vorsicht ausgeführt sind. Vergl dagegen unter einander die Resultate, die sich aus den Be gen mit verschiedenen Röhren herausstellen, so bemerkt auffallendsten Abweichungen und diese erklärt Darcy d stärkeres oder schwächeres Haften des Wassers an den v nen Wänden, woher er für jedes Material einen andern Coefficienten einführt. Diese Voraussetzung ist indessen höchst unwahrscheinlich und es ist sogar undenkbar, dafs über eine sehr dünne Schicht hinaus noch einen verschie Einflufs auf die Bewegung des Wassers ausüben sollte, n wenn man die Bewegungen im Innern der Masse berü Wenn man aber neben der Röhrenwand eine ruhende Was voraussetzen wollte, deren Dicke von dem Material abhän so läge die Vermuthung viel näher, dafs die Gestaltung d also die Unregelmäfsigkeit derselben den bemerkten Einflu

Die Grenzen dieses Handbuches würden weit übe werden, wenn ich die Rechnungen, denen ich Darcy's Beob unterwarf, vollständig mittheilen wollte, ich beschränke mi den Gang derselben und die Hauptresultate anzuführen, ich die Beobachtungen kurz beschrieben habe.

Darcy benutzte 22 Röhren, deren Weite er grofsentheil bestimmte, dafs er sie mit Wasser anfüllte, und darauf d maafs. In den weiteren Röhren wurden auch an beiden des einzelnen Theiles die Durchmesser in kreuzweiser Ric mittelbar gemessen. Das Verlegen der Röhren erfolgte in dafs nicht nur alle Biegungen des Stranges vermieden wur

dem derselbe auch in der Richtung der Strömung sanft anstieg, damit die Luftblasen, die in den Leitungen nicht selten vorkommen, sich nicht ansammeln, sondern sogleich mit dem Wasser fortgetrieben werden möchten.

Die Stränge waren über 100 Meter lang, nur die der Bleiröhren beschränkten sich auf die Hälfte. Sehr zweckmäfsig war die Vorrichtung zur genauen Bestimmung der Druckhöhen gewählt. Es wurde nämlich nicht, wie sonst geschieht, die Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser, sondern der Druck gemessen, der an verschiedenen Stellen der Leitung statt fand. Hierzu diente das zu ähnlichen Zwecken schon sonst benutzte Piezometer, welches aus einer oben offenen Glasröhre besteht, in der das Wasser aus der Leitung bis zu derjenigen Höhe frei ansteigt, welche dem Drucke an der Stelle entspricht. Ein solches Instrument befand sich in einiger Entfernung hinter dem obern Ende der Leitung, ein zweites vor dem untern Ende, und ein drittes oder zwei solche, die nur zur Controlle dienten, an dazwischen liegenden Stellen. Von allen diesen Piezometern waren Bleiröhren nach einer in der Mitte stehenden Tafel gezogen, wo alle Glasröhren neben einander standen und an derselben Maafse abgelesen werden konnten. Die Differenzen zeigen unmittelbar diejenige Druckhöhe an, die in dem betreffenden Theile der Leitung zur Ueberwindung der Widerstände verwendet wurde. Durch diese Anordnung wurde zugleich der Vortheil erreicht, dafs derjenige Theil der Druckhöhe, der dem Wasser beim Eintritt in die Röhre die Geschwindigkeit mittheilt, mit der es diese durchfliefst, oder die sogenannte Geschwindigkeits-Höhe, ganz umgangen wird.

Sobald sich beim Beginne der Beobachtungen eine gleichmäfsige Strömung eingestellt hatte, hörten an den drei oder vier Piezometern die Schwankungen auf, und alsdann leitete man das abfliefsende Wasser unterhalb der Versuchsröhre durch Oeffnen einer Bodenklappe eine bestimmte Zeit hindurch in ein cylindrisches Gefäfs, dessen Inhalt demnächst gemessen wurde. Dieser Abflufs war aber so angeordnet, dafs er auf die Durchströmung der Versuchsröhre keinen Einflufs ausübte, was sich durch fortgesetzte Beobachtung der Piezometer leicht erkennen liefs.

Zuerst wurden drei Röhren aus Eisenblech (I, II und III) von 1,47 . . . 1,02 und 1,51 Zoll Durchmesser benutzt, an denen unter

verschiedenen Druckhöhen, also bei verschiedenen Geschwindigk
13 . . . 13 und 12 einzelne Beobachtungen angestellt wurden.

Die Röhren IV, V und VI waren Bleiröhren von 0,54 . .
und 1,56 Zoll Weite. Mit jeder machte man 7 Beobachtunge

Sodann folgen die Asphaltröhren VII, VIII, IX und
1,02 . . . 3,16 . . . 7,49 und 10,89 Zoll, damit wurden 12 .
. . . 11 und 7 einzelne Beobachtungen ausgeführt.

XI ist eine Glasröhre, durchschnittlich 1,90 Zoll weit. 6
achtungen.

Die folgenden Nummern bis XXII sind sämmtlich guls
Röhren, von denen ich aber diejenigen ausschlofs, die nicl
vielmehr durch Niederschläge in Folge der frühern Benutzu
engt waren, die übrigen waren theils ganz neu, nämlich XVI,
XVIII und XXII, theils vorher gereinigt, XIII, XV, XX, un
Die Weiten, sowie die Anzahl der damit angestellten Beobacl
betrugen

bei	XIII	1,39	Zoll und	7	Beobachtungen
-	XV	3,06	- -	7	-
-	XVI	3,13	- -	13	-
-	XVII	5,24	- -	10	-
-	XVIII . . .	7,19	- -	9	-
-	XX	9,35	- -	8	-
-	XXI	11,36	- -	8	-
-	XXII	19,15	- -	9	-

Zunächst kam es darauf an, die Form des Ausdrucks
zu lernen, an welche die mit jeder Röhre angestellte Beobac
reihe sich am besten anschliefst. Ich versuchte zuerst, wie
heren Messungen darauf hingedeutet hatten, den Widerstan
unbekannten Potenz der Geschwindigkeit proportional zu setz
wählte daher den Ausdruck

$$P = m c^{x}$$

Indem ich für jede Reihe den wahrscheinlichsten Werth des E
ten x berechnete, ergab es sich, dafs derselbe für die engsten
sich auf 1,5 stellte, mit der Weite der Röhren zunahm und
Röhre No. XXII sogar etwas gröfser, als 2 wurde.

Von der Einführung eines allgemein gültigen Exponenten
daher abgesehn werden, doch kam es noch darauf an, zu

leicht die einzelnen Reihen sich an diesen Ausdruck besser
ießen, als an denjenigen der zwei Glieder mit der ersten und
ı Potenz der Geschwindigkeit enthält. Zu diesem Zwecke
ich diejenigen beiden Reihen aus, welche sowol eine grofse
einzelner Beobachtungen umfafsten, als auch in andrer
ng als besonders zuverlässig angesehn werden durften. Die-
en die Reihen III und XVI. Ich verglich dieselben mit den
sdrücken

$$A \ldots . \quad P = mc^{\alpha}$$

$$B \ldots . \quad P = rc + sc^{2}$$

und $$C \ldots . \quad P = s'c^{2}$$

tte Vergleich war an sich zwar entbehrlich, indem schon der
ein sicheres Urtheil in dieser Beziehung gestattete, doch er-
es angemessen die Form C, da sie besonders häufig ange-
wird, noch speciell einer Prüfung zu unterwerfen. Um die
ıten m, α, r, s und s' nach der Methode der kleinsten Qua-
u berechnen, mufste ich die Bedingung stellen, dafs nicht so-
e Summe der Quadrate der absoluten, als die der relativen
r von P ein Minimum wird, weil sonst ausschliefslich die-
Beobachtungen berücksichtigt worden wären, in welchen die
sehr grofs sind, und diejenigen mit den kleinsten Gefällen
Einfluss verloren hätten. Zu diesem Zwecke dividirte ich alle
usdrücke durch c, was auch in allen folgenden Untersu-
n geschehn ist. Nachdem in dieser Weise die betreffenden
nten gefunden waren, führte ich dieselben in die Ausdrücke
d berechnete darnach die Werthe von $\frac{P}{c}$. Die Unterschiede
en diesen und den beobachteten Werthen, waren die Fehler,
Quadrate, mit $[x'x']$ bezeichnet, ein Minimum sein sollten.
ıd
die Reihe III

nach $A \ldots . \quad [x'x'] = 0{,}00001691$
- $B \ldots . \quad = 0{,}00001441$
- $C \ldots . \quad = 0{,}00011135$

für die Reihe XVI

nach $A \ldots . \quad [x'x'] = 0{,}00002980$
- $B \ldots . \quad = 0{,}00000285$
- $C \ldots . \quad = 0{,}00000724$

In beiden Fällen war also die Summe der Quadrate bei Anwendung des zweiten Ausdruckes am geringsten, und sonach dieser der wahrscheinlichste.

Es entstand ferner die Frage, ob das zweite Glied wirklich das Quadrat, oder vielleicht eine andre Potenz der Geschwindigkeit zum Factor hat. Für das erste Glied war nach meinen oben erwähnten Beobachtungen ein ähnlicher Zweifel bereits beseitigt. Ich verglich daher den Ausdruck

$$P = rc + sc^z$$

mit den einzelnen Beobachtungsreihen und berechnete daraus den unbekannten Exponenten z. Die Lösung dieser Aufgabe nach der Methode der kleinsten Quadrate würde aber die Einführung von Näherungswerthen gefordert haben und daher sehr mühsam gewesen sein, woher ich es vorzog, nachdem ich die einzelnen Reihen graphisch aufgetragen hatte, daraus je drei Beobachtungen auszusuchen, die theils recht weit aus einander lagen, und theils dem allgemeinen Zuge der Curve sich gut anschlossen. Hiernach fielen die Werthe von z zwischen 1,82 und 2,06, nur zweimal wichen sie sehr stark ab, indem sie 1,59 und 3,20 betrugen. Diese beiden grofsen Abweichungen rührten aber allein von denjenigen Beobachtungen her bei welchen die relativen Gefälle sehr klein, also auch sehr unsicher waren. Nachdem ich diese ausgeschlossen, stellten sich alle Werthe von z nahe auf 2, und es mufs noch bemerkt werden, dafs ihre Gröfse keine Beziehung zur Weite der Röhre erkennen liefs. Der vorstehende Ausdruck B darf also als der richtige angesehn werden.

Bevor ich zur nähern Bestimmung der Constanten überging war es nöthig diejenigen Beobachtungsreihen auszuschliefsen, bei welchen eine regelmäfsige cylindrische Form nicht vorausgesetzt werden durfte.

Dieses war bei den engen Röhren aus Eisenblech der Fall, wo die Schweifs-Naht im Innern nicht beseitigt werden kann. Ich verwarf daher die Beobachtungsreihen I und II. Bei No. III schien dieses wegen der gröfseren Weite nicht nothwendig, insofern diese Unregelmäfsigkeiten sich auf enge Grenzen beschränken. Die Bleiröhren No. IV, V und VI müssen als die regelmäfsigsten unter allen angesehn werden, wogegen die Asphaltröhren nach der Beschreibung die Darcy bei Gelegenheit der Leitungen in Dijon von der Fabr

derselben giebt, keineswegs regelmäfsig geformt sein können. stehn aus zusammengenietheten Blechröhren, die von aufsen, on innen mit Asphalt überzogen sind. Da nicht abzusehn, r innere Ueberzug gleichmäfsig aufgetragen werden kann, so ie betreffenden Beobachtungsreihen ausgeschlossen. Mit der ire, deren verschiedenartige Weite Darcy selbst angiebt, mufste gleichfalls geschehn, und eben so auch mit den gufseisernen , aus welchen die Niederschläge nicht entfernt waren. Von Beobachtungsreihen blieben sonach nur 12 übrig.

ch auch diese durften nicht vollständig benutzt werden. Die en Rechnungen zeigten nämlich schon, dafs vielfach sehr Abweichungen in denjenigen Beobachtungen vorkommen, lie Gefälle sehr klein sind. Darcy giebt dieselben, also die von P, in fünf Decimalstellen an, woher die geringsten Geein nur durch zwei Ziffern ausgedrückt werden. Wenn die erselben sich um einige Einheiten ändert, was bei der Unit dieser Messungen doch leicht möglich ist, so nehmen die n Constanten schon wesentlich andre Werthe an. Ich habe lle Beobachtungen ausgeschlossen, in welchen P kleiner, als it.

chdem diese Sonderung vorgenommen war, berechnete ich aus allen übrigen Beobachtungen für den Ausdruck

$$\frac{P}{c} = r + sc$$

ırscheinlichsten Werthe der Constanten r und s. In nachr Tabelle sind dieselben unter Beifügung der Röhrenweiten etrischem Maafse zusammengestellt.

	D Meter.	r	s
IV	0,014	0,01279	0,0898
V	0,027	0,00713	0,0470
XIII	0,0364	0,00304	0,0343
III	0,0395	0,00422	0,0316
VI	0,041	0,00447	0,0281
XV	0,0801	0,000544	0,0188
XVI	0,0819	0,000923	0,0157
VII	0,137	0,000500	0,00740
VIII	0,188	0,000364	0,00588
XX	0,2447	0,000136	0,00557
XXI	0,297	0,000024	0,00406
XII	0,5006	0,000005	0,00195

Es ergiebt sich hieraus, dafs sowol r, wie auch s bei z mender Röhrenweite kleiner werden, man bemerkt aber so dafs die Abnahme beider in ganz verschiedenem Verhältnisse e Die s sind der Röhrenweite D umgekehrt proportional, die gegen dem Quadrate der letzteren. So bestätigen also Darcy's achtungen sehr augenfällig dasselbe Gesetz, welches ich au Messungen mit sehr engen Röhren früher gefunden hatte, dafs lich in dem Ausdrucke für das relative Gefälle dasjenige welches die erste Potenz der Geschwindigkeit zum Factor h zweite Potenz der Röhrenweite im Nenner enthält.

Man hat sonach

$$\frac{P}{c} = \frac{1}{D^2} x + \frac{c}{D} y$$

Wollte man indessen hiernach die beiden Unbekannten x berechnen, so würde man die Summen von Gliedern erhalte meist durch D^2, D^3 und D^4 dividirt sind, wobei also die m weitern Röhren angestellten Beobachtungen vollständig unb bleiben, und nur die engsten Röhren die gesuchten Gröfsen b men. Der Ausdruck mufste daher nochmals verändert werd

$$\frac{PD}{c} = \frac{1}{D} x + cy$$

Indem ich aus den 87 einzelnen Beobachtungen die Werthe D und c einführte, fand ich

$$x = 0{,}000\,005\,336$$

und

$$y = 0{,}001\,193$$

Für die Constante x ist der wahrscheinliche Fehler relat gröfser, als für y. Unter Zugrundelegung des oben mitget Ausdruckes, der die Abhängigkeit des Factors x von der Te tur nachweist, würde (mit Rücksicht auf das hier benutzte me Maafs) sich ergeben, dafs die zum Grunde liegenden Beobach bei + 1 Grad der Réaumur'schen Scale ausgeführt sind. Da nur in wenigen Fällen die Temperaturen angegeben, nach de reszeiten zu urtheilen, in welchen die Messungen gemacht w mufs man indessen annehmen, dafs die Temperatur viel höh und mindestens 10° R. betrug. Dadurch würde für metrisches

$$x = 0{,}000\,003\,382$$

sein. Diese Aenderung erscheint bei der Unsicherheit des aus I Messungen hergeleiteten Werthes dieses Gliedes zulässig, und

...en Aus-
...uch die in
...hen Fufsen
... bezeichnet.
..., dafs die zur
...ckhöhe, also die
...ungsweise zu der
... verschwindend klein
... zu bezeichnen, von
...mel anwenden darf.
... Coefficient für cylindri-
...windigkeitshöhe, die von
...,

...ortlassung des ersten Gliedes

$$\ldots 377\,\frac{c^2}{D}$$

...so gleich der Widerstandshöhe,
... $= L$, folglich die erstere gleich

$$\ldots 000\,377\,\frac{L\,c^2}{D}$$

...der

$$\ldots 2 + 0{,}000\,377\,\frac{L}{D}\right) c^2$$

$$\ldots 000\,377\left(\frac{L}{D} + 61{,}5\right) c^2$$

...Fehler von 5 Procent im Werthe von P, ...lässig erachtet, dieser tritt bei Fortlassung ... der Parenthese ein, wenn

$$\frac{L}{D} = 19.61{,}5 = 1168{,}5$$

Vereinfachung des Ausdruckes ausführen, oder ...digkeitshöhe absehn, sobald

$$L = 1168{,}5\,.\,D$$

...r ist, also wenn

Hierbei tritt indessen gemeinhin noch eine andre sehr we liche Erleichterung ein. Eine grofse Schärfe der Rechnung ist lich nicht erforderlich, da man den Querschnitt der Röhre w zufälliger Verengungen, und weiterer Ausdehnung des Bedürfn doch jedesmal etwas vergröfsert. Aufserdem schliefsen sich die Grunde liegenden Beobachtungen auch keineswegs in aller Sc dem gefundenen Ausdrucke an, vielmehr beträgt der wahrschei relative Fehler von P sogar noch 10 Procent. Begnügt man daher mit einer solchen Schärfe der Rechnung, wobei der diese veranlafste Fehler nur halb so grofs ist, als der ebe wähnte wahrscheinliche, so kann man das erste Glied unbe lassen, sobald dieses kleiner, als der zwanzigste Theil von Dieses geschieht, wenn die Geschwindigkeit gröfser wird, als

$$\frac{19 \cdot x}{Dy}$$

oder wenn die Wassermenge M gröfser wird, als

$$\frac{19 \cdot \pi x}{4 \cdot y} D$$

In der folgenden Tabelle sind diese Grenzwerthe von c und verschiedene Röhrenweiten zusammengestellt.

D	c	M
3 Zoll	2,52 Fufs	0,12 Cb. Fufs
6 -	1,26 -	0,25 -
9 -	0,84 -	0,37 -
12 -	0,63 -	0,49 -
15 -	0,50 -	0,62 -
18 -	0,42 -	0,74 -
21 -	0,35 -	0,86 -
24 -	0,31 -	0,99 -
36 -	0,21 -	1,48 -

Indem diese Grenzen mit den seltensten Ausnahmen bei ren Leitungen wohl immer überschritten werden, so hindert n solchen Fällen das erste Glied im Ausdrucke für P zu ve lässigen. Man hat alsdann

$$P = 0{,}000\,377 \frac{c^2}{D}$$

oder

$$P = 0{,}000\,611 \frac{M^2}{D^4}$$

$$D = 0{,}228 \sqrt[5]{\frac{M^2}{P}}$$

In diesem, für logarithmische Berechnung sehr bequemen Ausdrucke ist sowol der Durchmesser der Röhre (D) wie auch die in einer Stunde abgeführte Wassermenge (M) in Rheinländischen Fufsen gegeben, während P das relative Gefälle der Leitung bezeichnet.

Dieser Ausdruck beruht auf der Voraussetzung, dafs die zur Herstellung der Geschwindigkeit erforderliche Druckhöhe, also die sogenannte Geschwindigkeitshöhe, vergleichungsweise zu der hier allein berücksichtigten Widerstandshöhe verschwindend klein sei. Es kommt sonach darauf an, die Grenze zu bezeichnen, von welcher ab man die vorstehende einfache Formel anwenden darf.

Unter Annahme, dafs der Contractions-Coefficient für cylindrische Röhren gleich 0,83 sei, ist die Geschwindigkeitshöhe, die von der Länge der Röhre ganz unabhängig ist,

$$= 0{,}0232 \,.\, c^2$$

die Widerstandshöhe dagegen unter Fortlassung des ersten Gliedes

$$P = 0{,}000\,377 \frac{c^2}{D}$$

ist aber das relative Gefälle, also gleich der Widerstandshöhe, dividirt durch die Länge der Röhre $= L$, folglich die erstere gleich

$$= 0{,}000\,377 \frac{L c^2}{D}$$

daher die ganze Druckhöhe

$$h = \left(0{,}0232 + 0{,}000\,377 \frac{L}{D}\right) c^2$$

$$h = 0{,}000\,377 \left(\frac{L}{D} + 61{,}5\right) c^2$$

Von oben wurde ein Fehler von 5 Procent im Werthe von P, also auch von h, für zulässig erachtet, dieser tritt bei Fortlassung des zweiten Gliedes in der Parenthese ein, wenn

$$\frac{L}{D} = 19 \,.\, 61{,}5 = 1168{,}5$$

man darf also die Vereinfachung des Ausdruckes ausführen, oder von der Geschwindigkeitshöhe absehn, sobald

$$L = 1168{,}5 \,.\, D$$

oder noch gröfser ist, also wenn

für	$D = 0{,}25$	Fufs	$L = 292$ Fufs
	$= 0{,}50$	-	$= 584$ -
	$= 0{,}75$	-	$= 876$ -
	$= 1{,}00$	-	$= 1168$ -
	$= 1{,}25$	-	$= 1460$ -
	$= 1{,}50$	-	$= 1752$ -
	$= 1{,}75$	-	$= 2044$ -
	$= 2{,}00$	-	$= 2336$ -
	$= 3{,}00$	-	$= 3504$ -

Bei Ausführung von Leitungen dürfte diese Grenze wohl je überschritten werden, woher man die Geschwindigkeitshöhe s nicht in Rechnung zu stellen braucht. Hat das Wasser ab dem Eintritt in die Röhre schon eine gewisse Geschwindig so ist die erforderliche Druckhöhe, wodurch die Geschwir sich von c' in c verwandelt

$$= 0{,}232 \,.\, c^2 - \frac{c'^2}{4g}$$

oder

$$= 0{,}232 \,.\, c^2 - 0{,}0160 \,.\, c'^2$$

wodurch der Werth der Geschwindigkeitshöhe noch geringer

Die vorstehende Untersuchung setzte voraus, dafs die nahe horizontal liegt, also die Widerstände darin durch den überwunden werden, dem das Wasser schon bei seinem Ei die Röhre ausgesetzt ist. Dieses ist zwar bei gröfsern Le der gewöhnliche Fall, doch treten zuweilen auch andere Verh ein, die bisher ganz unbeachtet geblieben sind. Es mag h von vertikalen cylindrischen Röhren die Rede sein, in v das Wasser abwärts fliefst.

Das Wasser tritt in solche unter einem Drucke ein, d Wasserstande über der Einflufsöffnung entspricht, und nur s ringe ist, wenn letzterer nur eine unbedeutende Höhe hat. Durchfliefsen der Röhre erfährt aber die Masse die Bes gung durch die Schwere, und die in verschiedenen Höhen lichen Theile derselben würden mit zunehmender Geschwi herabfallen, wenn sie sich von einander trennen könnten. wird aber durch den Druck der atmosphärischen Luft verhind innerhalb seiner Grenze die Bildung von luftleeren Räumen dert. Sollte aber in der Röhre noch Luft vorhanden sein, sc diese mit dem Wasser zugleich fortgerissen werden, so dafs di

s in Kurzem sich mit Wasser füllte. Die darin befindliche
s ist also innig verbunden, und da die Querschnitte überall
h grofs sind, so müssen sich auch überall gleiche Geschwin-
iten darstellen. Das neu hinzutretende Wassertheilchen, wenn
ch von oben her nur einen geringen Druck erfährt, mufs
ch in Folge der daran hängenden Wassersäule sogleich eine
e Geschwindigkeit annehmen, und es wird während des
ganges durch die Röhre nicht sowol gedrückt, als vielmehr
gen. In horizontalen Leitungen sind die Wände dem Drucke
innen nach aufsen, in diesen vertikalen dagegen einem sol-
von aufsen nach innen ausgesetzt. In einem hiermit verbun-
Piezometer steigt das Wasser nicht aufwärts, sondern die
wird durch die Oeffnung hineingetrieben, und kehrt man die
e abwärts, so wird bis zu einer gewissen Höhe sogar Wasser
ogen.

Die Bildung des negativen Druckes in solchem Falle war be-
früher verschiedentlich zur Sprache gebracht, doch war die
ge, welchem Gesetze diese Bewegung folge, bisher nicht beant-
tet. Vielleicht erwartete man, dafs dieselben Gesetze, wie bei
izontalen Röhren, auch auf vertikale Anwendung fänden.

Dieses ist aber keineswegs der Fall. Einige Versuche, die ich
engen Röhren von verschiedenen Längen und Weiten anstellte,
ben folgende Resultate. Indem ich mehrere Röhren von gleicher
eite mit einander verband, so ergab sich, dafs die Geschwindig-
shöhe sehr nahe der Geschwindigkeit entsprechend sich darstellte.
r Contractions-Coefficient ergab sich nämlich gleich 0,987 also
t gleich 1. Ferner war der übrigbleibende Theil der Druckhöhe,
mlich die Widerstandshöhe augenfällig der ersten Potenz der Ge-
hwindigkeit proportional, obgleich letztere so grofs war, dafs in
selben horizontal gelegten Röhren das Glied, welches c^2 enthält,
ben überwiegend grofs geworden wäre. Auch der austretende
hl zeigte keine Schwankung noch Bewegung in der Oberfläche.
raus würde folgen, dafs in diesem Falle keine innern Bewegun-
n eintreten.

Ueberraschend war die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit
d der Weite der Röhre. Oben ergab sich aus sehr verschiedenen
obachtungen, dafs dasjenige Glied, welches im Ausdrucke für die
iderstandshöhe die erste Potenz der Geschwindigkeit zum Factor

hat, im Nenner die zweite Potenz des Röhrendurchmessers en
Hier dagegen verwandelt sich D^2 in $\sqrt{D}$. Aus den Beobachtu
ergab sich der wahrscheinlichste Werth des Exponenten v
gleich $-\frac{1}{2}$. Indem ich aber der gröfseren Sicherheit wegen sch
lich noch versuchte, die Exponenten -2, -1 und $-\frac{1}{2}$ einzu
und darnach die wahrscheinlichsten Werthe der Constanten be
nete, fand ich die Summen der übrigbleibenden Fehlerquadrate
ziehungsweise gleich 3787, 302 und 56,8. Nur im letzten F
zeigten sich die Fehler als zufällige, während sie in beiden e
regelmäfsig zu- oder abnahmen.

Indem Rheinländisches Zollmaafs zum Grunde gelegt wird,
die Widerstandshöhe

$$H = 151 \frac{cL}{\sqrt{D}}$$

Ausgedehntere Beobachtungen werden vielleicht zur Erklä
dieser eigenthümlichen Verhältnisse führen.

Bisher war nur von geraden cylindrischen Röhren die
es läfst sich aber bei gröfseren Leitungen nicht vermeiden, dafs
weilen die Richtungen derselben geändert, also Krümmun
darin angebracht werden müssen. Welchen Einfluſs diese auf
Bewegung des Wassers ausüben, ist vielfach untersucht wor
Dubuat stellte darüber verschiedene Beobachtungen an, und le
daraus ein Gesetz ab, das auch Eytelwein und d'Aubuisson
einigen Aenderungen gelten liefsen. Dasselbe beruht auf der Vor
setzung, dafs gewisse Bricolirungen gegen die Röhrenwand eintre
zu deren Darstellung ein namhafter Theil des Wasserdruckes v
wandt wird. Um diesen zu finden wird vorausgesetzt, dafs
mittlere Faden im anschliefsenden geraden Schenkel der Röhre
wie ein Lichtstrahl vor einer spiegelnden Fläche bewegt, und d
nach beim Begegnen der Röhrenwand unter demselben Win
mit dem er aufstöfst, auch wieder reflectirt wird. Trifft er
bei stärkerer Krümmung zum zweiten Male die Wand, so wied
holt sich dieselbe Brechung, bis die Linie endlich ungefähr mit
Achse des folgenden geraden Stranges zusammenfällt. Die Wi
standshöhe, welche durch diese Brechungen bedingt wird, soll
gleicher mittlerer Geschwindigkeit proportional sein der Sum
der Quadrate von dem Cosinus derselben Anprallungs- oder Pe
gonal-Winkel. Diese Winkel werden aber augenscheinlich um

r, je näher die Mittellinie an der Wand liegt, oder je enger
Röhre ist. Bei sehr engen Röhren ist der Polygonal-Winkel
zwei Rechten gleich, also der Cosinus des halben Winkels
verschwindend klein, bei weiteren Röhren wächst seine Größe, und
er sich hier auch nicht so oft wiederholt, so ist jene Summe
im ersten Falle meist beträchtlich kleiner, als im zweiten.
allen also bei gleichen Krümmungen die betreffenden Wider-
in der weiten Röhre größer sein, als in der engen, was an
höchst unwahrscheinlich ist. Die ganze Vorstellung, daſs der
re Faden die übrigen kreuzt und gegen die Röhrenwand stößt,
her durchaus unzulässig und wird durch die unregelmäſsigen
n Bewegungen augenscheinlich widerlegt. Letztere lassen sogar
sehen, daſs sanfte Krümmungen gar keinen vermehrten Wider-
verursachen. Ein Versuch bestätigte dieses. Eine Bleiröhre
4 Linien Durchmesser und 8 Fuſs Länge führte unter verschie-
n Druckhöhen genau dieselben Wassermengen ab, während sie
le war, und nachdem ich sie vorsichtig so gebogen hatte, daſs
einen vollen Kreis bildete. Bei schärferer Biegung änderte sich
ch die Erscheinung, und die Wassermengen wurden etwas ge-
r, aber es waren dabei auch die Querschnitte verändert und
n elliptische Formen angenommen und sich dabei verkleinert.
nach darf man wohl voraussetzen, daſs mäſsige Krümmungen
einer Leitung ohne Einfluſs sind, besonders wenn die Röhre weit
und die innern Bewegungen sich darin stark ausgebildet haben.

Aehnlich verhält es sich auch mit Verengungen, die stellen-
se in einer Leitung vorkommen. Wo sich solche befinden, muſs
Wasser augenscheinlich eine stärkere Geschwindigkeit in der
tung der Röhre annehmen, aber eben diese stärkere Geschwin-
keit wird weiter abwärts wieder zur Ueberwindung der Wider-
de in der Röhre verwandt. Ich brachte in der Mitte einer cy-
drischen Röhre eine starke Verengung an. Dieselbe hatte auf
bei gewissem Drucke hindurchfliefsende Wassermenge nur einen
r geringen und kaum merkbaren Einfluſs. Als ich jedoch dieselbe
rung an das Ende der Röhre verschob, verminderte sich die
durchfliefsende Wassermenge sogleich sehr bedeutend, weil die
se Geschwindigkeit, die sich daselbst bildete, nunmehr die Be-
gung des Wassers in der Röhre nicht mehr befördern konnte,
e die darauf verwendete lebendige Kraft vollständig verloren war.

Die Ansicht, dafs jede Verengung der Röhre einen Verlust an Dru höhe bedingt, welcher der Vergrößerung der Geschwindigkeit e spricht, ist daher nicht als richtig anzusehn, doch fehlt es in die Beziehung so sehr an entscheidenden Erfahrungen, dafs sich nur h auch keine andere Auffassung der Erscheinung begründen läfst.

Bei Erwähnung der wichtigeren Gesetze über die Bewegung d Wassers in Röhrenleitungen darf die Verschiedenheit des Druck auf die Wände der Röhren bei wechselnder Geschwindigkeit d Wassers, nicht mit Stillschweigen übergangen werden, indem m hierin nicht nur ein Mittel gefunden hat, den Betrieb der Röhr leitungen zu controlliren, sondern man dadurch auch den Ein der verschiedenen Unregelmäfsigkeiten in den Röhren ermitteln ka Endlich aber bestimmt dieser Druck auch die Höhe des Strah wenn man einen Springbrunnen durch eine Röhrenleitung spei will. Daniel Bernoulli stellte zuerst den Grundsatz auf*), dafs d gegen die Röhrenwand ausgeübte Druck gleich sei der Differ zwischen der ganzen Druckhöhe und derjenigen Höhe, welche d Geschwindigkeit des Wassers an der fraglichen Stelle der Röhr leitung entspricht. Indem nämlich nur die Geschwindigkeit par mit der Achse der Röhre berücksichtigt wird, so trifft das bewe Wasser nicht die Röhrenwand, und folglich verschwindet der Dru derjenigen Wasserhöhe, welche die Geschwindigkeit erzeugt. Di Erfahrung bestätigt dieses hydraulico-statische Princip, wie Bernou es nennt, vollständig, wenn man eine nothwendige Aenderung in de Werthe der ganzen Druckhöhe anbringt, die Bernoulli auch selb angiebt. Wenn nämlich eine Stelle der Röhrenwand untersuc wird, deren Abstand vom Speisebassin gleich a ist, so kann a selbige nicht mehr die ganze Druckhöhe wirken, sondern ein Th der letztern ist bereits consumirt durch die Widerstände, welche d der statttindenden Geschwindigkeit auf dem Wege von der Läng a zu überwinden waren. Fur den folgenden Theil der Röhr leitung sind die Verhältnisse ganz dieselben, als wenn die Röh bei dem zu untersuchenden Punkte ihren Anfang nähme und d Druckhöhe um diejenige Quantität vermindert wäre, welche d Widerstandshöhe für die Länge a gleichkommt.

Wenn man auf eine cylindrische Leitung eine Reihe von v

*) *Hydrodynamica, Strasbury 1738. Sect. XII §. 3.*

lenden und oben offenen Glasröhren kittet, die mit ihr in Verbindung stehn, ohne ihren Querschnitt zu beschränken, so zeigen sie durch die Höhe des Wasserstandes den Druck an, den die Wand an jeder Stelle erfährt. Der Wasserstand in derjenigen Glasröhre, welche zunächst dem Speisebassin sich befindet, stimmt nicht mit dem Niveau des letzteren überein, sondern stellt sich etwas tiefer, und zwar ist die Differenz derjenigen Druckhöhe gleich, die dem Wasser beim Eintritt in die Leitung die Geschwindigkeit mittheilt. In allen folgenden Glasröhren bemerkt man, dafs nach Maafsgabe der überwundenen Widerstände, also der Länge der dazwischen liegenden Leitung, die Höhe des Wasserstandes abnimmt, bis endlich in diejenige Glasröhre, welche dicht vor die Ausflufsmündung der Leitung (insofern der Ausflufs nicht unter Wasser geschieht) gekittet ist, das Wasser gar nicht hineintritt, oder hier der Druck ganz aufhört. Tritt dagegen der Strahl unter Wasser aus, so trifft die gerade Linie, welche die Wasserstände in den Glasröhren verbindet, am Ende der Röhrenleitung das Niveau des Unterwassers. Wäre indessen irgend wo in der Röhrenleitung eine Verengung oder ein Hahn befindlich, der den Querschnitt um eine gewisse Quantität beschränkte, so würde dadurch die Ergiebigkeit etwas ermäfsigt werden und in gleichem Verhältnisse auch die Geschwindigkeit in der Leitung abnehmen. Mit der Geschwindigkeit würde auch die Geschwindigkeitshöhe und ebenso die Widerstandshöhe sich vermindern, und folglich die Wasserstände in allen Glasröhren oberhalb jenes Hahnes steigen, während sie unter sich wieder in einer geraden Linie liegen, bis sie an derjenigen Stelle, wo die Verengung sich befindet, eine auffallende Stufe bilden. Wenn endlich die Röhrenleitung ganz gesperrt wird, so hört die Geschwindigkeit mit allen Widerständen auf und alle Glasröhren oberhalb der abgesperrten Stelle zeigen den Wasserstand des Oberwassers, sowie die unterhalb derselben befindlichen entweder ganz leer werden, oder den Stand des Unterwassers annehmen. Dabei ist freilich die Wirkung der Capillar-Attraction von Einfluſs, doch mäfsigt sich diese sehr, wenn man weitere Glasröhren benutzt.

Auf solche Art geben diese Glasröhren sehr deutlich die Widerstände zu erkennen, welche in der Röhrenleitung vorkommen, und gestatten zugleich durch genaue Messung die Gröfse des Widerstandes zu ermitteln, welchen Krümmungen, absichtliche oder zufällige Sperrungen

und andere Hindernisse in der Röhrenleitung veranlassen. Belang machte zuerst auf diese wichtige Anwendung des Bernoulli'sc Princips aufmerksam, und gemeinschaftlich mit Génieys und Ma stellte er einige Beobachtungen dieser Art an den Wasserleitu zu Paris an. Dieselben waren aber so wenig umfassend, dafs von keiner Bedeutung sind. Dabei wurde jedoch dem Piezomet solche Einrichtung gegeben, dafs man die Glasröhren nicht bis vollen Druckhöhe verlängern durfte. Indem es nämlich nur dar ankam, den Verlust an Druckhöhe an einer bestimmten Stelle Leitung kennen zu lernen, so wurden oberhalb und unterhalb d selben Bleiröhren eingesetzt, die man an dieselbe Scale führte mit vertikal gerichteten Glasröhren versah. Diese waren aber ob nicht offen, vielmehr durch eine gekrümmte Messingröhre luftdi mit einander verbunden. Die in der letzteren befindliche Luft alsdann auf die Wassersäulen in beiden Glasröhren einen gleich Druck aus, woher die Niveau-Differenz wieder den gesuchten U terschied des Druckes an beiden Stellen angab. Durch einen gebrachten Hahn konnte man aber soviel Luft ab- und zulassen dafs die Wasserstände an dem gemeinschaftlichen Maafse sich b quem ablesen liefsen. Fig. 41 auf Taf. III zeigt die Zusamme stellung dieses Apparates.

Eine andere Anwendung von diesem Instrumente machte d'A buisson bei der Wasserleitung zu Toulouse, indem er von den Haup röhren der Leitung dünne Röhren nach dem Geschäftszimmer führ wo man den Druck beobachten konnte. Je kräftiger die Leitu wirkte, oder je gröfser die Wassermenge war, die sie förderte, so gröfser mufste die Geschwindigkeit sein, und folglich stellte si um so niedriger der Wasserstand in der nahe am Anfange d Röhrenleitung aufgestellten Glasröhre. Sobald der Wasserstand ab stieg, so zeigte dieses an, dafs mehrere Hähne geschlossen, oder da zufällige Hindernisse eingetreten waren. Dadurch wurden die Bea ten in den Stand gesetzt, durch einen Blick auf die Glasröhren d Wirksamkeit der ganzen weit ausgedehnten Röhrenleitung zu co trolliren.

Endlich bestimmt sich, wie bereits erwähnt worden, auch d

*) *Essai sur les moyens de conduire, d'élever et de distribuer les eaux p M. Génieys.* Paris 1829.

eines springenden Strahles oder die Geschwindigkeit des-
aus dem Drucke, den das bewegte Wasser gegen die Röh-
nd ausübt. Man muſs, um beide zu ermitteln, wieder die
Druckhöhe um diejenige Höhe vermindern, welche für die
malige Geschwindigkeit zur Ueberwindung der Widerstände in
vorhergehenden Röhrenleitung consumirt wird. Es ergiebt sich
aus, weshalb beim ersten Oeffnen des Hahns der Strahl unter
vollen Druckhöhe, also viel höher steigen kann, als später,
n das Wasser in der Röhre in Bewegung kommt und dadurch
Widerstände sich bilden, welche die Druckhöhe vermindern.
n der Verminderung der Höhe um den Theil, der zur Erzeugung
r Geschwindigkeit in der Leitungsröhre erforderlich ist, kann um
mehr abstrahirt werden, als das Wasser nicht an der Sprung-
ung vorbeifliefst, sondern in diese hineintritt, also die bereits er-
gte Geschwindigkeit sich dem Strahle wieder mittheilt. Die Höhe,
welcher der Strahl steigt, ist, wie schon früher erwähnt worden,
ner etwas geringer als die Druckhöhe. Genau läfst sich nach
n wenigen hierüber angestellten Beobachtungen das Gesetz nicht
geben, doch scheint die Differenz beider Höhen proportional zu
m dem Quadrate der Druckhöhe. In dieser Weise bestimmte
hon Mariotte *) nach seinen Beobachtungen die Sprunghöhe H in
ariser Fufsen ausgedrückt durch die Formel

$$h = H + \frac{1}{300} \cdot H^2$$

obei indessen h nicht die volle Druckhöhe, sondern nur diejenige
zeichnet, welche das Piezometer dicht vor dem Strahle angiebt.
urch Reduction auf Rheinlandisches Fufs-Maafs verwandelt sich
r Ausdruck in

$$h = H + \frac{1}{290} \cdot H^2$$

Wenn der Strahl nicht durch Oeffnungen in dünner Wand, sondern
urch Ansatzröhren austritt, so muſs die dabei stattfindende Vermin-
erung der Geschwindigkeit noch besonders berücksichtigt werden.

*) *Oeuvres de Mariotte.* Leide 1717. *Tome II.* S. 489.

§. 17.
Speisung der Leitungen.

Unter den verschiedenen Wasserleitungen sind besonders diejenigen wichtig, deren Zweck es ist, gröfsere Orte mit reinem Wasser zu versorgen. Von diesen soll hier allein die Rede sein.

In Gebirgsstädten pflegt die Zuführung des Wassers Schwierigkeiten zu bieten. Die Quellen und Bäche enthalten reines Wasser, man braucht dieses nur in einiger Höhe über Sohle abzufangen, um das Eintreiben von Sand und Erde zu hindern. Das Gefälle ist auch gemeinhin so grofs, dafs der Röhrstrang in ununterbrochener Neigung den höchsten Punkt der Stadt erreicht, und hier einen fliefsenden Brunnen, auch wohl einen Springbrunnen speist, der ein Bassin füllt, welches sich meist wieder in andere Bassins, an tieferen Punkten ergiefst. Auf diese Art kann der Quell sich so vertheilen, dafs überall das Bedürfnifs leicht befriedigt werden kann.

Bedeutender werden die Schwierigkeiten, wenn man in weiter Entfernung die Quellen suchen mufs, und wenn diejenigen, die sich nach ihrer Reichhaltigkeit und nach der Beschaffenheit des Wassers zur Speisung der Brunnen am meisten eignen, nur wenig höher als das Niveau der Stadt liegen, oder wohl gar durch tiefe Terrainein schnitte davon getrennt sind. Auch kann es geschehn, dafs alle Quellen und Bäche umher die ganze Wassermenge, die man braucht, nicht liefern. Alsdann bleibt nur übrig, das Wasser aus dem tief liegenden Strome künstlich zu heben, und wenn dasselbe, wie gewöhnlich, nicht den nöthigen Grad von Reinheit besitzt, es noch zu klären und zu filtriren, bevor man es durch die Leitungen in die Stadt verbreitet. Das letzte Verfahren, welches schon lange bekannt und zur Speisung einzelner Leitungen benutzt war, hat man in neuerer Zeit auch zur Versorgung ganzer Städte gewählt, und es scheint, dafs dasselbe bei Anwendung der vollkommeneren Maschinen, wie man sie heutiges Tages darstellen kann, die nöthige Wassermenge nicht nur sicher liefert, sondern unter gewöhnlichen Verhältnissen auch minder kostbar ist, als wenn man Bäche und Quellen aus weiter Entfernung herbeiführt.

In früheren Jahrhunderten konnte diese Methode wegen der

gelhaften Einrichtung und geringen Haltbarkeit der Maschinen n Eingang finden, dagegen wurden schon zur Zeit der römi- n Republik und noch mehr unter den Kaisern, künstliche Lei- n von Bächen dargestellt, die noch heute an Grofsartigkeit un- troffen sind. Etwa dreihundert Jahre vor Christi Geburt legte n Claudius die erste Wasserleitung an, und als Nerva seine rung antrat, wurden, wie Frontinus angiebt, durch neun Lei- n schon über 27 Millionen Cubikfufs Wasser täglich nach geführt, die in 1300 fliefsenden Brunnen ausströmten. Die An- der Leitungen vermehrte sich auch ferner, da namentlich die ichtung neuer Bäder das Bedürfnifs immer mehr steigerte. So n später bis 50 *) Millionen Cubikfufs nach Rom geführt wor- sein, was bei der Anzahl der Einwohner, von etwa einer Million, e reichliche Versorgung ist, wie in neuerer Zeit nirgend vor- mt. Von diesen Anlagen sind einige in Wirksamkeit erhalten den, und Prony schätzte das Wasserquantum, welches die drei ungen Aqua Felice, Juliana und Paulina gegenwärtig noch täg- nach Rom führen, auf mehr als 5 Millionen Cubikfufs.

Diese sämmtlichen Anlagen führten das Wasser nicht in Röh- herbei, sondern in Canälen, die also ein stätiges Gefälle in der chtung der Strömung erhalten mufsten. Ihre Ausdehnung beträgt fig mehrere Meilen, und die Anlage gewann besonders in dem alle an Wichtigkeit und gab zur Darstellung grofser Mauermassen l oft zu einer kühnen und reichen Architectur Veranlassung, wenn fe Thäler zu überschreiten waren. Man führte alsdann Bogen- llungen quer durch das Thal, die oft mehrfach übereinander stan- n, und auf diesen liefs man den Canal mit geringem und gleich- fsigem Gefälle fliefsen. Es sind dieses die Bauwerke, denen man n Namen der Aquäducte beilegt. Die Gesammtlänge der Lei- gen bei Rom maafs 55,5 deutsche Meilen, davon waren 48,5 Mei- unterirdisch, 0,5 Meilen lagen wenig über dem Boden und 6,5 ilen ruhten beim Uebergange über Thäler auf Bogenstellungen.

Dafs man durch Benutzung von Röhren diese Unterbaue hätte ehren können, leidet keinen Zweifel, denn der starke Druck, r durch die Senkung der Röhrenleitung bis zur Sohle des Thales

*) Sehr eingehend behandelt Rozat de Mandres die Römischen Wasser- itungen. *Annales des ponts et chaussées.* 1858. *II. Sémestre.*

entsteht, treibt das Wasser in dem zweiten Schenkel der R beinahe bis zu derselben Höhe wieder herauf. Man hat d Princip in neuerer Zeit verschiedentlich angewendet, z. B. bei Soolenleitung zwischen Berchtesgaden und Illsang, wo die R an einer Stelle etwa 200 Fufs sich senkt. Einrichtungen dieser sind jedoch, wenn gufseiserne Röhren nicht benutzt werden, kostbar und unsicher. Da solche im Alterthume nicht bekannt w so darf man sich nicht wundern, wenn zur Erreichung dess Zweckes ein anderes Mittel gewählt wurde. Dazu kommt v scheinlich noch, dafs man bei den Wasserleitungen, die ihrer N nach grofsentheils sehr unscheinbar sind, und sich oft ganz Auge entziehn, einige Werke absichtlich anbrachte, welche die G artigkeit des Unternehmens zeigten.

Der Eifer für Einrichtung von Wasserleitungen beschränkt indessen keineswegs auf Rom, vielmehr finden sich fast in Ländern, die der römischen Herrschaft unterworfen waren, R von solchen Werken vor. In Constantinopel existiren mehrere W leitungen, von denen einige ohne Zweifel aus jener Periode herr Auf Mytilene, Salamis, sowie in Kleinasien bei Antiochia sind von alten Wasserleitungen vorhanden, letztere bestehn in einem ducte von 200 Fufs Höhe. Ferner sieht man solche bei Neap Pästum, wie auch zu Castellana. Letzterer zeichnet sich durch Gröfse aus, indem die Gesammthöhe des Baues in beiden stellungen bis 190 Fufs beträgt. Bei Lyon, Metz, Nismes u Arcueil in der Nähe von Paris befinden sich alte Wasserleit auch kommen sie in Spanien, namentlich bei Sevilla und S vor, und besonders wichtig ist die bei Lissabon, die sich m 200 Fufs hoch über die Thalsohle erhebt, sie wurde zwar in gen Jahrhunderte erneut, soll aber von Trajan herrühren.

Aehnliche Anlagen wurden auch später und selbst bis die neueste Zeit ausgeführt. Theodorich erbaute um's Jahr 7 Aquäduct bei Spoleto, der an Höhe und Kühnheit alle älteren traf. 10 Spitzbogen von 68 Fufs Spannung bilden den Un und darüber trägt eine Reihe von 30 kleinern Bogen den Can 410 Fufs über dem Wasserspiegel des Moragia liegt. Beson Frankreich entstanden in den letzten Jahrhunderten noch ein zahl solcher Bauwerke, z. B. 1558 der bei Arles über den 1624 wurde neben den Ruinen des alten Aquäducts bei Arcue

für Paris unter Maria von Medicis ein neuer gebaut. Im 17. Jahrhunderte erbaute man neben Versailles die Aquäducte von Marly und Buc, und es wurde der colossale Aquäduct Maintenon begonnen, der 132 Ruthen lang und 240 Fuſs hoch werden sollte, doch gab man bald wegen der enormen Kosten diesen Bau auf. Nur wenige Bogen der untern Theile sind ausgeführt, während drei derselben übereinander stehn sollten. Endlich muſs noch der Aquäduct bei Montpellier erwähnt werden, den Pitot ausführte.

Ueber Wasserleitungen dieser Art ist in hydrotechnischer Beziehung wenig zu bemerken. Als Beispiel einer solchen Anlage mag eine kurze Beschreibung der Leitung von Arcueil folgen, die noch heute zur Versorgung eines Theiles von Paris mit Wasser dient. Durch grabenförmige Einschnitte, die an den Bergseiten mit trocknen Mauern eingefaſst und oben mit Steinplatten überdeckt sind, wird in den Ländereien der Gemeinden Rungis, Paret und Coutin, etwa drei Lieues südlich von Paris, das Wasser gesammelt und von hier in einer überwölbten Leitung von 3625 Ruthen Länge nach dem Reservoir an der Porte St. Jaques zu Paris geführt. Dieser Canal hat überall ein gleichmäſsiges Gefälle, nämlich 1 : 2400. Er verläſst oft sehr merklich die gerade Richtung, um diejenige Terrainhöhe zu verfolgen, wo er mit den geringsten Kosten und mit der gröſsten Sicherheit angelegt werden konnte. Er liegt beinahe auf seiner ganzen Länge so tief, daſs die Felder darüber bebaut werden, und in gewissen Abständen sind runde massive Thürmchen aufgeführt, welche den Zugang gestatten und den Luftwechsel befördern. Der wichtigste Punkt der Leitung ist der Uebergang über den Bièvre-Bach in der Nähe des Schlosses Arcueil. Der neue Aquäduct daselbst schneidet das Thal rechtwinklig, und zwar an einer besonders schmalen Stelle. Er ist 1240 Fuſs lang, in der Mitte 74 Fuſs hoch und unten 12 Fuſs breit, doch treten die Strebepfeiler zu beiden Seiten noch um einige Fuſs weiter vor. Die Anzahl der Bogenöffnungen beträgt 10, davon ist eine aber nur halb so breit als die übrigen. Der Canal über dem Aquäducte ist $1\frac{1}{2}$ Fuſs breit und 1 Fuſs tief, ein 2 Fuſs breites Banket liegt an der südwestlichen Seite, und die Höhe des Gewölbes erlaubt es, daſs man bequem darin gehn und die von Zeit zu Zeit erforderlichen Reparaturen und Reinigungen vornehmen kann. In den unterirdischen Strecken, die wahrscheinlich älter sind, verändert sich einigermaaſsen das Profil.

Statt des einen Bankets sind deren zwei angebracht, jedes von 18 Zoll Breite, auch die Höhe der Gallerie vermindert sich, jedoch beträgt sie immer noch 5 bis 6 Fuſs und nur unter einigen Strafsen war man gezwungen, sie noch mehr zu beschränken. Das Gewölbe und die freistehenden Seitenmauern sind aus Hausteinen, die überschütteten Mauern aus Bruchsteinen aufgeführt, und der Canal hat am Boden und an den Seitenwänden einen etwa $\frac{1}{4}$ Zoll starken Ueberzug von hydraulischem Mörtel erhalten. Die Quantität des zugeführten Wassers bestimmte Girard durchschnittlich auf 50 Wasserzoll, oder 1 Cubikfuſs in 3 Secunden.

Sehr wichtig ist die um das Jahr 1847 begonnene Ausführung der Leitung, welche sowol die Stadt Marseille, als deren Umgebung mit Wasser versieht. Ursprünglich beabsichtigte man mit derselben nur die Cultivirung des kahlen Kalkbodens zu befördern, doch entschloſs man sich noch vor dem Beginne der Arbeiten, auch die Brunnen in der Stadt und neben dem Hafen dadurch mit reinem Wasser zu speisen. Der sogenannte Canal von Marseille, der diese Leitung bildet, tritt neben dem Städtchen Pertuis aus der Durance aus, von der er das Wasser entnimmt, und zwar in einer Höhe von 596 Fuſs über dem Meeresspiegel. Indem er, soviel wie möglich, die Abhänge verfolgt, hat er bis zum Reservoir in Marseille die Länge von 12,9 deutschen Meilen erhalten. Das Gefälle ist aber in der Art vertheilt und ihm sind solche Profile gegeben, daſs er 450 Cubikfuſs in der Secunde abführen kann. Dieses Quantum wird ihm zur Zeit aber noch nicht zugewiesen, indem durch 200 Cubikfuſs schon das Bedürfniſs befriedigt wird.

An vielen Stellen ist der Canal unterirdisch geführt, wogegen er vielfach sich auch bedeutend über den Boden erhebt. Letzteres geschieht vorzugsweise in dem groſsartigen Aquäduct von Roquefavour ohnfern der Eisenbahn-Station Rognac, von welcher aus man ihn auch deutlich sehn kann. Er besteht aus drei Bogenstellungen, von denen jede der beiden untern 108, die obere aber 40 Fuſs hoch ist. Die ganze Höhe über der Thalsohle mifst 258 Fuſs und die Gesammtlänge 1428 Fuſs. Der Bau ist aus Quadersteinen ausgeführt, die Rinne, in welcher das Wasser geleitet wird, ist dagegen mit hart gebrannten in Cement versetzten Ziegeln verkleidet. Sie bildet im Profil einen Halbkreis von 4 Fuſs Radius.

Dem Vernehmen nach hat man sich zur Ausführung dieses sehr

Bauen entschlossen, und die viel wohlfeilere Leitung des
in Röhren durch das Thal nicht gewählt, weil man be-
ufs der sehr starke Kalkgehalt eine baldige Sperrung der
eranlassen würde. Nichts desto weniger scheint es, dafs
rofsartigkeit der ganzen Anlage auch durch ein imposan-
rk bezeichnen wollte.

niger Entfernung von Marseille spaltet sich die Leitung,
eile der Wassermenge werden in besondern Canälen zum
n Culturen abgeführt, während nur ein Viertel nach Mar-
t. Hier tritt das noch ungereinigte Wasser in der Höhe
'ufs über dem Spiegel des Meeres in ein grofses Bassin,
'ufse einer natürlichen Anhöhe neben dem botanischen
gelegt ist. Aus demselben wird dasjenige Wasser abge-
zur Spülung und Reinigung der Strafsen dient, aufserdem
leutende Massen an dem Abhange des Felsens und der
sten Erde herab, und geben hier zur Cultur von Sumpf-
ehr günstige Gelegenheit. Das zur Versorgung der Häuser
Wasser wird aber daselbst filtrirt, indem es in das darunter
Filtrir-Bassin tritt. Beide Bassins sind nicht nur überwölbt,
ıch hoch mit Erde überschüttet, um das darin befindliche
gen starke Erwärmung zu schützen.

n Leitungen, welche Constantinopel mit Wasser ver-
t man schon in früherer Zeit Röhren angewendet, die oft
rken Drucke ausgesetzt sind. Auf eigenthümliche Weise
aber die Leitung abwechselnd immer unterbrochen und
er mit der Luft in Berührung gebracht. Um dabei nicht
eil der Druckhöhe zu verlieren, so war es nöthig, diese
ıssins in angemessener Höhe anzulegen. Auf solche Art
Durchgange durch Thäler und bei sonstigen Vertiefungen
len von etwa 600 Fufs isolirte Pfeiler errichtet, an wel-
Wasser von der einen Seite in Bleiröhren aufsteigt und
e Bassins auf dem Scheitel der Pfeiler ergiefst. Auf der
ite fällt es wieder in Bleiröhren nach der Röhrenleitung
ılsohle zurück, die aus gebranntem Thon besteht. Durch
, die Suterrazzi heifsen, beabsichtigte man wahrschein-
ıuffinden schadhafter Stellen zu erleichern, theils aber ver-
auch die Stelle von Luftspunden oder Luftröhren, die
ıch dem, was im Folgenden darüber gesagt werden soll,

sich auf andere Art einfacher einrichten lassen. Auf höherem Terrain fliefst das Wasser nicht in Röhren, sondern in offenen Leitungen.

Weit unscheinbarer als die erwähnten Einrichtungen sind die Leitungen, welche manche Städte in der Provinz Preufsen mit Wasser versorgen. Man pflegt dieselben sämmtlich Copernicus zuzuschreiben. Bei Frauenburg, wo Copernicus Domherr war, ist das Flüfschen Baude etwa drei Viertel Meilen oberhalb seiner Mündung in das Frische Haff abgefangen und in einem Canale längs dem flachen Abhange des Thalrandes nach der Stadt geleitet worden. Hier durchfliefst es die Hauptstrafse des Städtchens und treibt unter dem Hügel, worauf der Dom steht, eine Mahlmühle. Daneben befand sich in früherer Zeit noch ein Pumpwerk, das einen Theil des klaren Wassers auf den Domhof hob. Der massive Thurm, der die Wasserkunst einst enthielt, steht noch, doch ist die Maschine bei einem Brande zerstört und seitdem nicht wieder hergestellt. Auf ähnliche Art wird die Stadt Danzig mit trinkbarem Wasser aus der Radaune versehn.

Besonders wichtig ist die weit ausgedehnte Leitung, welche Königsberg mit Wasser versorgt. Zwei Canäle, der Landgraben und der Wirrgraben genannt, führen das Wasser, das sich nordwestlich von Königsberg auf einem Flächenraume von etwa zwei Meilen sammelt, in ein weites Bassin am nördlichen Rande der Stadt. Dieser künstliche See, der Oberteich genannt, hat eine Ausdehnung von etwa 300 Morgen, und ist durch Schliefsung eines Thales entstanden, doch erhebt sich das Wehr oder der Damm, der das Wasser aufstaut, nicht nur bis zur Höhe der natürlichen Thalufer, sondern sogar über dieselben, und seine Seitenflügel erstrecken sich aufwärts, um einen Stau bis über die Terrainhöhe zu gewinnen. So geschieht es, dafs der Wasserspiegel des Sees höher liegt, als jeder Theil von Königsberg. Er befindet sich 70 Fufs über dem mittleren Stande des Pregels, und der Schlofsteich, der innerhalb der Stadt einen zweiten künstlichen See in demselben Thale bildet und sich bis an den Fufs des ersten Dammes erstreckt, liegt 36 Fufs unter dem Oberteiche. Zwei Reihen von Mühlen, eine grofse Menge von Brunnen, die zum Theil fliefsende Brunnen sind, und mehrere Springbrunnen werden durch diese Wasserleitung gespeist. Der letzte Theil der Anlage zeigt indessen nicht Bemerkenswerthes, wohl aber ist diese

nit den beiden oben erwähnten Speisegräben und namentlem Landgraben. Dieser leitet drei gröfsere Bäche, die Vasserscheide zwischen der Ostsee und dem Häffe oder el entspringen, nach dem Oberteiche, und indem er sich hen Abhange der Anhöhe hinzieht, mufste er nach der des ersten Baches noch die Thäler der beiden folgenden ten. Es trat also hier dieselbe Schwierigkeit ein, deren wähnung geschehn ist, und die Art, wie sie hier überurde, ist von den bezeichneten Methoden wesentlich ver- Die Thäler sind nämlich dicht unterhalb des Landgrabens ame geschlossen, so dafs der Bach, der sie bildet, sich davor staut oder zu grofsen Teichen ausdehnt, bis er hoch gechwollen ist, um in der Fortsetzung des Landgrabens nach g zu fliefsen. Die Teiche sind niemals Mühlenteiche, wohl en die Bäche weiter oberhalb oder unterhalb verschiedene nd in den erwähnten Dämmen befinden sich Freiarchen, tarken Anschwellungen ein Ueberströmen und sonach ein hen der Dämme zu verhindern. Diese Methode gewährt eil, dafs nicht nur die Ausführung der kostbaren Aquäducte h wird, sondern auch die Wassermengen von allen Bä- Leitung zugeführt werden, welche diese durchschneidet. rden freilich sehr bedeutende Flächen Landes der Cultur und man würde deshalb heut zu Tage bei einer ähnlichen n diesem Mittel keinen Gebrauch machen dürfen. Endlich u erwähnen, dafs der Graben mit sorgfältiger Beachtung inhöhe gezogen und auf der südlichen Seite mit einer nierwallung eingefafst ist. Seine mittlere Breite beträgt etwa nd seine Tiefe 2 Fufs, die Geschwindigkeit der Strömung einst 9 Zoll in der Secunde.

London nach und nach an Ausdehnung gewann, und wengeren Bebauung des alten Theiles der Stadt die Brunnen re Ergiebigkeit verloren, auch die kleineren Pumpwerke, rtlich an der alten Londonbrücke existirten, sich als unerwiesen, trat 1606 und 1607 eine Actiengesellschaft zuum die Flüfschen Chadwell und Amwell in Herfordshire don zu leiten und deren Wasser daselbst zu vertheilen. auen zu Unternehmungen dieser Art war indessen damals geringe, dafs nur das Anerbieten eines gewissen Hugh Myd-

delton, die ganze Anlage auf eigne Gefahr und Kosten auszuführen, den Beginn der Arbeiten veranlafste. Die Kosten stellten sich aber viel höher, als man erwartet hatte, und als die Mittel erschöpft waren, auch die Communal-Behörden jeden Beitrag verweigerten, bewilligte Jacob I. die nöthigen Summen. Am 29. September 1613 füllten sich zur allgemeinen Verwunderung und Freude der Einwohner die Reservoire in New-River-Head im Kirchspiel Clerkenwill. Jetzt erst, nachdem der Erfolg gesichert war, trat die Gesellschaft zusammen und im Jahre 1619 wurde sie gesetzlich bestätigt. Die aufgefangenen Quellen sind in gerader Linie 20 engl. Meilen von London entfernt, die Länge des Canals beträgt aber 38½ engl. oder 8½ deutsche Meilen, indem die Unebenheit des Terrains vielfache Krümmungen nothwendig machte. Die Breite des Canals ist durchschnittlich 18 Fufs und die Tiefe sollte 5 Fufs messen. Das Gefälle beträgt 3 Zoll auf die engl. Meile oder 1 : 21120. Unter den ausgeführten Werken befanden sich auch mehrere Brückencanäle, die aber, da sie nur aus Holz erbaut und durch eine Ausfütterung mit Bleiplatten gedichtet waren, bald schadhaft wurden, und die man nach und nach durch massive Durchlässe ersetzte. Die erwähnten beiden Flüfschen genügten indessen bald nicht mehr für die immer gröfsere Ausdehnung der Leitungen in London, und da der Leafluſs unmittelbar neben dem Canale oder dem New-River ausströmte, so wurde auch dieser zur Speisung des letzteren benutzt und grofse Wassermengen aus demselben der Wasserleitung zugeführt. Dieses Verfahren hatte man mehrere Jahre hindurch schon angewendet, als die Lea-Schiffahrtsgesellschaft darüber Klage erhob. Nach langen Debatten wurde endlich ums Jahr 1738 die Berechtigung zur Entnehmung gewisser Wassermassen aus dem Lea durch einen Beschluſs des Parlaments festgestellt.

Um das Wasser in dem New-River rein zu erhalten, hatte die Gesellschaft schon lange durch eine Bill die Bestimmung ausgewirkt, dafs niemand Steine, Erde, Schmutz, todte Thiere oder thierische Stoffe, noch sonst irgend welche nachtheilige Körper hineinwerfen, ferner dafs niemand Wolle, Hanf, Flachs oder irgend welche ungesunde oder unreine Stoffe darin waschen, und endlich, dafs niemand die Anlage beschädigen oder ohne besondere Erlaubnifs daraus Wasser entnehmen sollte. Einen sehr grofsen Uebelstand verursachte der Reiz, in dem klaren und frischen Wasser des New-River zu

baden. Um dieses abzustellen, erbot sich die Gesellschaft, zu Frei-
bädern das Wasser unentgeltlich zu liefern, falls die Stadt London
die Kosten für die Einrichtung derselben übernähme. Der Vorschlag
fand indessen nicht Eingang und sonach dauert der Mifsbrauch noch
fort. Die Gesellschaft läfst freilich durch ihr Aufsichtspersonal das
Baden möglichst verhindern, wenn aber jemand dabei betroffen wird,
so kann er nicht bestraft werden, weil der einzige Rechtstitel, der
eine Klage begründen würde, der Einbruch in fremdes Eigenthum
wäre, und da hierauf Deportation steht, so wird durch Billigkeits-
rücksichten jede weitere Verfolgung abgeschnitten. Auf jede vier
Meilen Länge des Canals ist ein Aufseher angestellt, der nament-
lich darauf achten mufs, dafs die benannten Bestimmungen in Bezug
auf die Reinhaltung des Wassers nicht übertreten werden. Das Un-
kraut wird regelmäfsig geschnitten, und um alle schwimmenden Kör-
per aufzufangen, sind stellenweise Drahtnetze durchgezogen, die aber
jedesmal in einer Erweiterung des Bettes liegen, damit hier die Ge-
schwindigkeit sich mäfsigt und sonach die Körper um so sicherer
eingefangen werden. An diesen Stellen schlägt sich auch vorzugs-
weise der im Wasser schwebende Schlamm nieder, woher hier vier-
jährlich eine Reinigung vorgenommen wird.

Es bleibt noch übrig, von denjenigen Wasserleitungen zu spre-
chen, welche nicht durch hochgelegene Quellen oder Bäche, sondern
mittelst Pumpwerken aus Strömen gespeist werden. An-
lagen dieser Art sind am wenigsten von den Localverhältnissen
abhängig, sie lassen sich überall ausführen, und gestatten auch jede
beliebige Ausdehnung, indem die Wassermenge, die man braucht,
jedesmal disponibel ist, und es nur darauf ankommt, die Schöpf-
maschinen darnach einzurichten. Die Kostbarkeit der Maschinen,
sowol in der ersten Anlage, als der Unterhaltung, setzt indessen
der Methode oft Hindernisse entgegen, während man vielfach nach den
chemischen Untersuchungen des Wassers grofser Ströme darin Bestand-
theile findet, welche der Gesundheit nachtheilig sein könnten. Ob-
gleich Bedenken dieser Art sich dadurch widerlegen, dafs dasselbe
Wasser, und zwar nicht filtrirt, Jahrhunderte hindurch zur Zubereitung von Speisen ohne wahrnehmbaren Nachtheil benutzt ist, so ist man doch in neuerer Zeit in dieser Beziehung hin und wieder bedenklich vorsichtig geworden, indem man vermuthet, dafs selbst sehr

geringe schädliche Beimengungen die Verbreitung der Cholera befördern könnten.

Zuweilen besorgt man auch, dafs an den Wasserhebungs-Maschinen leicht Beschädigungen vorkommen, und die Wasserleitung unterbrechen möchten. Gewifs ist bei schlechten Maschinen diese Besorgnifs sehr begründet, und hat man daher in früherer Zeit auch oft Bedenken getragen, hiervon Anwendung zu machen. Die grofse Vollkommenheit, die man gegenwärtig den Maschinen geben kann, vermindert indessen so sehr die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Stockung, dafs man dieselbe und vielleicht noch eine gröfsere Sicherheit erreicht, als wenn das Wasser sich mit seinem natürlichen Gefälle bewegt.

Schon im Jahre 1724 wurden die Chelsea Water-Works unterhalb London eingerichtet, die durch Dampfmaschinen gespeist werden. Die meisten übrigen Leitungen entstanden erst in diesem Jahrhunderte. Hierher gehören die West-Middlesex Water-Works, die bei Hammersmith das Wasser aus der Themse schöpfen. Die Grand Junction-Company mufste sich wegen der Unbrauchbarkeit des Wassers des Brent und Colne-Flusses, die den Grand Junction-Canal speisen, gleichfalls entschliefsen, aus der Themse und zwar in der Nähe von Chelsea zu schöpfen. Die Southwark Water-Works heben innerhalb der Stadt das Wasser aus der Themse, ebenso die Lambeth Water-Works und South London Water-Works. Nur die unter dem Namen des New-River bekannte Leitung, von der bereits die Rede war, führt noch Quellwasser nach London und zwar zum Theil mit Benutzung des natürlichen Gefälles. Nichts desto weniger mufsten auch hier noch mehrere Dampfmaschinen eingerichtet werden, um theils die höheren Theile der Stadt vorsorgen zu können, theils aber auch um grofse Hülfs-Bassins zu füllen, so oft der New-River bei anhaltendem Froste seine Zuflüsse verliert, oder eine Sperrung und Trockenlegung desselben wegen vorzunehmender Reparaturen oder Reinigungen nothwendig wird.

Auch in Frankreich werden die Wasserleitungen häufig durch Pumpwerke aus Flüssen gespeist. Zunächst mufs hier die berühmte Maschine bei Marly erwähnt werden, die an Steighöhe alle übrigen übertrifft, wenn man nicht etwa die Soolenleitung bei Berchtesgaden damit in Parallele stellen will. Vierzehn Wasserräder heben in früherer Zeit in drei Absätzen das Wasser auf die Wasser-

ob zunächst die Sauge- und Druck-
100 Toisen entfernte Reservoir auf
stänge, welches hier die zweite Druck-
Reservoir füllte. Dieses lag 224 Toisen
Fuſs höher, und endlich die Fortsetzung des
Pumpe trieb. Diese hob das Wasser um
290 Toisen entfernten Aquäducte. Die ganze
betrug demnach 3813 rheinl. Fuſs und das
rheinl. Fuſs gehoben. Die Maschine wurde 1682
setzt, die vielfachen Reparaturen, die daran vorkamen,
Veranlassung, daſs man bei der zunehmenden Ver-
des Maschinenbaues auch vielfache Aenderungen und
gen einführte. 1823 waren fünf Wasserräder gänzlich
nd von den übrigbleibenden neun, die zwar sauber aus-
och nur sehr unvollkommen angeordnet waren, befanden
wei in regelmäſsigem Betriebe. Die hölzernen Röhren
als durch eiserne ersetzt worden und die Gestänge und
f dem Ufer existirten nicht mehr. Die Pumpen hoben
Male das Wasser auf die ganze Höhe von 520 Fuſs,
merksam ich auch die Röhrenleitung am Fuſse des Ufers
, konnte ich doch keine Stelle entdecken, wo das Wasser
tzte. Man baute damals das Gebäude für eine Dampf-
welche die Wasserräder ersetzen sollte.

ris selbst existirten schon seit langer Zeit einige Pump-
lche durch die Seine getrieben wurden und das Wasser
in die nächste Umgebung leiteten. Hieher gehört das
Pont Neuf, gewöhnlich nach einer Sculptur am flieſsenden
ie Samaritanerin genannt, und ebenso ein anderes Werk
Notre Dame. Beide beschreibt Bélidor. Späterhin sind
dere Anlagen hinzugekommen, die zum Theil mit keinen
en Leitungen in Verbindung stehn, und von denen das
Vasser, nachdem es gereinigt ist, gesammelt und verkauft
sonders wichtig sind die Dampfmaschinen Chaillot und
ou, welche am rechten und linken Seineufer kurz vor de-
t aus Paris das Wasser schöpfen und groſse Theile der
t versorgen. Die erste hebt das Wasser 118 Fuſs hoch
gedehnten Reservoire auf der Anhöhe hinter den Elysei-
lern. Die Maschine Gros-Caillou am linken Seineufer ist

viel unbedeutender, und gieſst das gehobene Wasser in ein kleines Bassin aus, welches etwa 100 Fuſs über dem Spiegel der Seine in einem Thurme auf dem Maschinengebäude selbst angebracht ist. Der gröſste Theil von Paris wird durch den Ourcq-Canal gespeist, der zugleich Schifffahrts-Canal ist, bei seiner ersten Eröffnung aber in der einen Beziehung, wie in der andern, so viele Mängel zeigte, daſs er im Laufe der Zeit wesentlich verändert werden muſste.

Wichtig ist die in den Jahren 1822 bis 1828 unter d'Aubuisson's Mitwirkung ausgeführte Wasserleitung in Toulouse, deren nähere Beschreibung daher nachstehend mitgetheilt wird *). Veranlassung zu derselben gab das Vermächtniſs eines Einwohners der Stadt, wodurch die Kosten jedoch nur zum kleinsten Theile gedeckt wurden, während die Commune dieselben groſsentheils übernahm.

Zunächst war zu entscheiden, ob man das Wasser aus der Garonne neben der Stadt durch Pumpwerke heben, oder es vielleicht von oberhalb durch künstliche Canäle mit Benutzung des natürlichen Gefälles herbeiführen sollte, wobei auch auf andere Quellen Rücksicht genommen werden konnte. Die meisten Stimmen des Stadtrathes waren für das letzte Project und zwar aus dem Grunde, weil man meinte, daſs die Maschinen häufig ihren Dienst versagen würden, d'Aubuisson wuſste indessen durch Aufführung von Beispielen an andern Maschinen diese Zweifel zu beseitigen und man entschied sich für das Pumpwerk, doch wurde bestimmt, daſs deren zwei und zwar unabhängig von einander eingerichtet werden sollten, damit bei zufälligen Beschädigungen doch immer eins im Gange erhalten werden könnte. Was die Wahl der Betriebskraft betrifft, so entschied man sich mit gutem Grunde für die Wasserkraft, da diese hier vorhanden war und sogar zwei Stauwerke neben der Stadt hinter einander existirten, die man benutzen konnte, während die Kosten für die Beschaffung der Feuerung bei einer Dampfmaschine sehr ansehnlich gewesen wären. Endlich wurde noch die Quantität des zu hebenden Wassers ermittelt und diese auf 200 Wasserzoll, d. h. auf 124000 rheinl. Cubikfuſs in 24 Stunden festgestellt. Diese Wassermasse muſste 20 Meter oder 63$\frac{1}{4}$ Fuſs gehoben werden, um alle Theile der Stadt versehn zu können.

---

*) *Histoire de l'établissement des fontaines à Toulouse. Annales des ponts et chaussées.* 1838. II.

Nachdem die Hauptbedingungen festgestellt waren, wurde der Weg der Concurrenz eröffnet und dem Verfasser desjenigen Projects, welches gewählt werden würde, die Ausführung der Arbeit und eine Vergütung von 5 Procent der wirklichen Anlagekosten zugesichert. Es gingen mehrere Projecte ein, doch nur eines darunter zeichnete sich durch sorgfältige Bearbeitung und eine sehr zweckmäfsige und dem neueren Zustande des Maschinenbaues entsprechende Anordnung der ganzen Anlage aus. Es war von dem in Toulouse wohnenden Maschinenbauer Abadie aufgestellt. Für dieses entschied sich die Commune.

Von den beiden Stauanlagen, die neben der Stadt vorhanden waren, wählte man zum Betriebe des Werkes die untere und zwar theils wegen der gröfseren Festigkeit des daselbst liegenden Wehrs, und theils wegen der gröfseren Räumlichkeit, wozu noch kam, dafs man hier dem Angriffe des Stromes nicht ausgesetzt war. Diese Vortheile waren überwiegend gegen die, welche das obere Wehr geboten hätte, letztere bestanden aber in der bedeutend gröfseren Nähe am Haupttheile und zugleich dem höchsten Theile der Stadt und in der Gewinnung des oberen Staues für die Steighöhe. Die Maschine wurde dicht oberhalb der steinernen Brücke und zwar an das linke Ufer der Garonne gestellt, während Toulouse gröfstentheils am rechten Ufer liegt. Das Wasser zum Betriebe der Maschinen wird durch einen überwölbten Canal von 7½ Fufs Breite, 5½ Fufs Höhe und 11 Ruthen Länge zugeführt, und fliefst durch einen andern Canal, der im Ganzen 297 Ruthen lang ist, nach der Rhone zurück. Der nächste Theil desselben von 200 Ruthen Länge verfolgt die Strafsen der Vorstadt St. Cyprien, und mufste daher überwölbt werden. Seine Breite beträgt hier 6½ Fufs und seine Höhe 5½ Fufs. Diese Anlage war sehr schwierig, insofern die Sohle oft mehr als 30 Fufs unter das Strafsenpflaster traf. Der folgende Theil des Canals von 97 Ruthen Länge, der in freiem Felde befindlich ist, konnte als offener Graben dargestellt werden. Das ganze Gefälle zwischen der obern und untern Mündung des Canals beträgt zur Zeit des niedrigen Sommerwasserstandes 17 Fufs 5 Zoll, wovon auf das nutzbare Gefälle 9 Fufs 3 Zoll treffen, während der Rest theils zur Räusche dient, theils aber auch bei passendem Wasserstande eine Säge-Mühle treibt.

Die Pumpen heben das Wasser nicht unmittelbar aus der Ga-

rinne, vielmehr aus Canälen neben derselben. Beim Ei
letzteren ist es bereits filtrirt, woher es sogleich in di
vertheilt werden kann. Ueber die hier eingerichteten n
Filter wird im Folgenden ausführlich die Rede sein.

Die Anordnung der Räder, Pumpen und Steigrö
sich aus den Figuren 71, *a*, *b*, *c* und *d* auf Taf. V., wel
tenansicht, den Durchschnitt und zwei Grundrisse der
stellen. Das Gebäude besteht aus einem runden Thurm
eine überwölbte Gallerie umgiebt. In letzterer liegen die
serräder mit ihren Gerinnen, ferner die Bassins, die acht
ihren Balanciers und überhaupt die ganze Maschinerie.
enthält dagegen die Steigeröhren und Abfallröhren, sow
obern Theile das kreisförmige Bassin, zu dem das Wa
wird und den Apparat zum Messen des Wassers. Bei
tritt das Betriebswasser in die erwähnte Gallerie hinein,
die rechts und links abgehn, führen es nach den Krop
beiden Räder und ein dritter schmalerer Canal durch
metral das ganze Gebäude. Letzterer dient dazu, der
legenen Sägemühle den nöthigen Wasserzufluſs zu sich
gen Reparaturen, oder aus andern Gründen nur ei
Wasserhebungsmaschinen benutzt wird, und sonach da
geschlossen bleibt. Dicht unterhalb des Gebäudes be
sich wieder die drei Gerinne und bilden gemeinschaft
wölbten Untercanal. Das gereinigte Wasser, welches d
pen gehoben werden soll, tritt bei *C* in das Gebäu
in einem gemauerten Canale unter den drei Canälen,
Oberwasser enthalten, bis gegen die äuſsere Umfassung
Es fällt durch Verbindungsröhren in vier Bassins *E*.
durch andere Röhren wieder mit den Untercanälen
und man kann durch acht Ventile jedes einzelne der
mit dem filtrirten Wasser füllen, oder trocken legen.
jeden Gerinne hängt ein Wasserrad von 18; Fuſs Hö
Diese Räder bestehn mit Ausnahme der
und sind Kropfräder, jedoch nach Art der
gebaut, daſs die Schaufeln auf der Stirn der beiden
während der Spielraum zwischen den Schaufeln und
wird. Die gufseiserne Welle jedes Rades
mit einer Scheibe und Krummzapfen versehn un

enkstangen die Balanciers. Letztere sind 9 Fufs lang
i jedem Ende Kreisbogen, worauf die Ketten liegen,
mpenstangen heben. Auf solche Art treibt jede Ma-
mpen. Sie sind Druckpumpen, doch haben sie nicht
olben, die in ausgebohrten Stiefeln sich bewegen, son-
e Plungerkolben aus hohlen bronzenen Cylindern von
hmesser. Die Hubhöhe beträgt etwa 2 Fufs. Die
Kolben gehoben werden, erlaubt es nicht, sie durch
elbst herabzustofsen, zu diesem Zwecke mufsten sie
lers beschwert werden. Dieser Umstand war in dem
obersten Baubehörde gerügt worden, und allerdings
Vermehrung der todten Last unpassend erscheinen,
ser in die Steigröhren drücken soll, doch behielt man
bei, um das Parallelogramm oder eine andere künst-
; zur senkrechten Führung der Pumpenstange zu ent-
n an jedem Balancier befindlichen Pumpen, die sonach
elen, drücken das Wasser in eine gemeinschaftliche
nd je zwei derselben, die von demselben Wasser-
rden, verbinden sich im Thurme zu den Röhren
Die letzteren giefsen ihren Inhalt in ein sichelför-
(Fig. 71, *b* und *d*), von diesem fliefst es nach der
lichen Methode durch gröfsere Oeffnungen in die
estalteten Bassins *I* und aus diesen in das ring-
. Beim letzten Durchflusse durch die Wand zwi-
assirt es die kreisförmigen Oeffnungen, welche die
erzolle bestimmen, und wenn man in der Mitte des
en Bassins steht, kann man die Wirksamkeit jeder
ie mit einem Blicke beurtheilen. Das letzerwähnte
den drei Abfallröhren *L* in Verbindung, von denen
rücke nach dem Haupttheile der Stadt gehn und
rstadt St. Cyprien am linken Ufer der Garonne

Wasser aus den Bassins *E* unmittelbar in die Pum-
nte man die Windkessel entbehren, die sonst bei
i grofser Steighöhe und überhaupt bei langen Röh-
entlich sind und den sanften Gang der Maschine

tkosten der Anlage betrugen

1) für Zu- und Ableitung des Betriebswassers	170000	Francs
2) für das Maschinengebäude	92000	-
3) für die Maschinen	106000	-
Summa	368000	Francs

Nach der Mittheilung, die d'Aubuisson im Jahre 1837 über diese Leitung machte, waren bis dahin gar keine namhaften Reparaturen oder Aenderungen nöthig geworden, nur das ursprünglich eingerichtete natürliche Filter lieferte nicht den nöthigen Bedarf, es mufste daher bald weiter ausgedehnt werden, was später auch wiederholentlich noch geschehn ist.

§. 18.
Messung des Wassers.

Wenn man Wasserleitungen durch Quellen speisen will, so entsteht zunächst die Frage, ob diese dem Bedarf entsprechen. Die Ergiebigkeit einer Quelle oder eines Baches läfst sich annähernd (§. 6) aus der Ausdehnung und Beschaffenheit des Terrains beurtheilen, welches die Zuflüsse liefert. Man darf zwar nicht hoffen, auf diese Art eine grofse Genauigkeit zu erreichen, aber nichts desto weniger sichert eine solche Betrachtung doch vor groben Täuschungen, zu denen eine einmalige directe Messung leicht führen kann. Am sichersten ist es, in verschiedenen Jahreszeiten die Messung der Wassermenge zu wiederholen. Dieses Verfahren ist aber mühsam und häufig unausführbar, man mufs sich daher gemeinhin mit einer annähernden Schätzung begnügen. Vorzugsweise kommt es darauf an, die Ergiebigkeit der Quellen zur Zeit der trockenen Witterung und selbst der gröfsten Dürre zu kennen, weilalsdann die gewöhnlichen Brunnen ganz oder theilweise versiegen, also die Wasserleitung am wenigsten entbehrt werden kann. Man darf sich daher nicht zu einer Anlage entschliefsen, die nur durchschnittlich das erforderliche Quantum liefert, vielmehr ist eine solche als ganz verfehlt zu betrachten, wenn sie nicht bei anhaltender Dürre noch dem Bedürfnisse entspricht.

Die Messung der Wassermenge geschieht gewöhnlich, indem man an einer ziemlich regelmäfsigen Stelle des Baches das Quer-

›fil und die mittlere Geschwindigkeit bestimmt. Es ist die-
se Methode, die auch bei Flüssen und Strömen angewendet wird,
e specielle Beschreibung wird daher im zweiten Theile einen pas-
deren Platz finden. Es tritt indessen bei der Untersuchung von
uben und Quellen der Uebelstand ein, dafs die geringe Wasser-
e häufig die Geschwindigkeits-Messungen nicht genau genug an-
llen läfst, und überdies zeigen sich hier auch gemeinhin grofse
weichungen zwischen den Geschwindigkeiten an verschiedenen
llen desselben Profiles. Hiernach ist die Bestimmung geringer
sermengen aus ihrer mittleren Geschwindigkeit keineswegs sicher,
l es sind dafür andere Methoden zu wählen, von denen hier die
de sein soll. Die Ergiebigkeit einzelner Quellen und kleinerer
che, besonders wenn sie starke Gefälle haben, läfst sich bequem
l sicher dadurch bestimmen, dafs man sie in Gefäfsen von be-
mtem Inhalte auffängt und die Zeit beobachtet, in der diese
a füllen. Um jedoch zu sichern Resultaten zu gelangen, mufs man
ei Umstände dabei nicht aufser Acht lassen, nämlich

1) mufs die Messung während eines constanten und gleichmäfsigen Abflusses erfolgen, damit die aufgefangene Wassermenge wirklich diejenige ist, die der Bach in derselben Zeit regelmäfsig abführt. Man darf also nicht etwa den Bach durchdämmen, und sobald er eine gewisse Höhe des Dammes oder eine darin angebrachte Ausflufsöffnung erreicht hat, die überströmende Wassermenge messen. Man mufs vielmehr, wenn dergleichen Anlagen gemacht sind, die Messung nicht früher beginnen, als bis der Beharrungstand eingetreten ist, d. h. bis der Wasserspiegel oberhalb der Stauvorrichtung sich nicht mehr ändert.

2) Darf man den künstlichen Stau, der zu diesem Zwecke erzeugt wird, nicht zu hoch treiben, denn in diesem Falle dringt ein Theil des Wassers in den Boden, auch wohl durch diesen in das Unterwasser, woher das beobachtete Resultat zu klein ist.

Am vortheilhaftesten ist es, zur Messung eine Stelle zu wählen, die Ufer geschlossen sind und das Gefälle recht stark ist. Hier gt man den Quell in einer Rinne auf, und gräbt neben derselben s wasserdichte Gefäfs in das Bette ein. Sobald die Strömung in r Rinne zum Beharrungsstande gekommen ist, oder das Oberwasser der steigt noch fällt, so öffnet man eine Klappe am Boden oder r Seite der Rinne und läfst ihren ganzen Inhalt nach dem Gefäfse

strömen, während man nach einer Secundenuhr die Zeit der Füll… beobachtet.

Prony führte eine sinnreiche Abänderung dieser Methode ein*), die auch bei andern Beobachtungen benutzt werden kann, und der ich mich bei manchen hydraulischen Untersuchungen mit Vorth… bedient habe. Ich will sie hier in ihrer Anwendung auf den vor… liegenden Fall beschreiben. Man bringt im Bette des Baches einen hölzernen Kasten, oder eine Arche an, die in den verschiedenen Höhen einen gleichen horizontalen Querschnitt haben mufs, den ich Q nenne. In diesen Kasten fliefst das Wasser durch eine Oeffnung A ein und durch eine zweite Oeffnung B auf der entgegengesetzten Seite oder am Boden ab. Es ist vortheilhaft, die erste recht grofs, und die zweite dagegen nur klein anzunehmen. Die Oeffnung A kann durch ein leicht bewegliches Schütz geschlossen werden. Dieses Schütz wird zunächst geöffnet und sonach fliefst der ganze Bach durch den Kasten hindurch. Es bildet sich ein Stau bei A und ein zweiter bei B, der letzte wird bei der angegebenen Gröfse der Oeffnungen bedeutender sein, als der erste. Wenn die Strömung den Beharrungsstand erreicht hat, was man an einem im Kasten aufgestellten Pegel beobachten kann, so schliefst man nach einer Secundenuhr das Schütz in der Oeffnung A. Der Kasten erhält alsdann keinen Zufluſs mehr, während der Abfluſs im nächsten Momente noch der vollen Wassermenge des Baches entspricht, aber nach Maafsgabe der eintretenden Senkung des Wassers sich nach und nach vermindert. Man beobachtet die Senkungen, die in gewissen Zeiten eintreten. Bezeichnet man die Senkungen mit z und die Zeiten mit t, so kann man als erste Näherung annehmen

$$z = a \,.\, t + b \,.\, t^2$$

wo a und b gewisse Constanten sind, die Zeit t aber von dem Augenblicke des Schliefsens der Oeffnung A gerechnet wird, und z von der früheren constanten Wasserhöhe abwärts zählt. Hat man nun gefunden, dafs nach den Zeiten t' und t'' die Senkungen z' und z'' betragen, so kann man durch Einführung dieser Werthe die Constanten a und b berechnen. Man findet aus diesen

$$z = \frac{t}{t'' - t'}\left(\frac{t'' - t}{t'}\, z' - \frac{t' - t}{t''}\, z''\right)$$

*) *Mémoire sur le jaugeage des eaux courantes par de Prony.* Paris 180…

hieraus $$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{t'-t}\left(\frac{t''-2t}{t}z' - \frac{t'-2t}{t''}z''\right)$$

ser Ausdruck bezeichnet die Geschwindigkeit, womit as-
spiegel im Kasten sich zur Zeit t senkt, und es kommt darauf
diese Geschwindigkeit zur Zeit $t = o$, oder für denjenigen Mo-
nt zu kennen, wo das Schütz geschlossen wurde. Für dieses t ist

$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{t'-t}\left(\frac{t''z'}{t'} - \frac{t'z''}{t''}\right)$$

e Geschwindigkeit, womit der Wasserspiegel sich senkt, steht aber
einem bestimmten Verhältnisse zur ausströmenden Wassermenge,
letztere ist $$= Q \cdot \frac{dz}{dt}$$
d da zur Zeit des Schlusses der obern Oeffnung noch die ganze
assermenge ausströmte, so ist diese oder

$$M = \frac{t'\,t''\,z' - t'\,t'\,z''}{t'\,t''\,(t''-t')}\,Q$$

f solche Art ergeben zwei Messungen der Senkung des Wassers
rch eine leichte Rechnung die Wassermenge des Baches, die Beob-
tung wird aber besonders bequem, wenn man gleiche Senkungen
lt, oder $z'' = 2z'$ setzt, weil man alsdann die betreffenden Maafse
her bestimmen und die Pegel darnach einstellen kann.

Um zu einem hinreichend sichern Resultat zu gelangen, müssen Senkungen, oder die jedesmaligen Höhen des Wasserstandes sehr arf beobachtet werden. Dieses geschieht am passendsten durch e abwärts gekehrte Spitze, die am Nonius des Pegels angebracht Ob dieselbe noch eintaucht oder über dem Wasser schwebt, t sich auf der spiegelnden Oberfläche sehr deutlich wahrnehmen. n stellt sie, während der constante Durchfluſs stattfindet, möglichst arf ein, und liest das Maafs ab. Alsdann senkt man sie um eine isse Anzahl von Zollen, und später wieder eben so tief, und bachtet beide male die Zeit, in welcher die Spitze sich von der erfläche löst.

Bei diesen Messungen, sowie auch bei Bestimmung der Wasserge gröſserer Ströme, legt man eine gewisse Zeiteinheit zum unde, gewöhnlich eine Secunde, und ermittelt das Quantum, lches während derselben abgeführt wird. Diese Bezeichnungsart fordert also zwei Angaben, nämlich die der Zeit und des cubischen halts. Bei gleichmäſsiger Strömung, von der hier nur die Rede

ist, ist indessen die Zeit ein ganz fremdes Element, welches entbehren könnte, wenn man die Ergiebigkeit mit einem passen Maafse, als durch den cubischen Inhalt gemessen hätte. Zu solchen, oder zur Einheit dieses Maafses, eignet sich vorzug ein Wasserstrahl von bestimmter Stärke. Diese Messungs bei uns gegenwärtig nicht mehr üblich, doch war sie e her. In Italien und Frankreich wird sie aber auch noch wendet. Die Einheit heifst Wasserzoll, und sie ist ein der durch eine kreisrunde Oeffnung von 1 Zoll Durchmesser i dünnen und senkrechten Wand unter dem möglichst kleinsten l abfliefst, d. h. die Druckhöhe ist so weit ermäfsigt, dafs nu der obere Rand der Oeffnung noch vom Strahle berührt wird. Maafs ist daher genau bestimmt und seine Anwendung biete grofse Bequemlichkeit, der einzige Vorwurf, den man ihr r kann, besteht darin, dafs sie nur ganze Zahlen angiebt. Der l den man aus diesem Grunde begeht, ist im Maximum gl und wird um so unbedeutender, je gröfser die Wassermen Schon bei fünf Zollen beträgt er nur den zehnten Theil des G Diese Genauigkeit ist aber in vielen Fällen genügend, wen kann die gewöhnliche Methode, wonach das Querprofil und di lere Geschwindigkeit gemessen wird, bei kleinen Zuflüssen leicht eine höhere und kaum diese Sicherheit geben.

Der Apparat, womit man diese Messung ausführt, ist Fi im Profile und *b* in der Ansicht von vorn dargestellt. Die Spei *A*, deren Ergiebigkeit man messen will, mündet über einem *B*, und aus diesem fliefst das Wasser durch mehrere Oeffnur die am untern Theile der Zwischenwand angebracht sind, Kasten *D*. Letzterer ist nur deshalb vom ersten getrennt, die starke Bewegung sich nicht bis an die Kreisöffnungen fo Zu demselben Zwecke ist der Kasten *D* auch noch durch Zw wände getheilt. In der Wand, welche die Kasten *D* und einander trennt, befinden sich die kreisförmigen Oeffnungen von Durchmesser, welche zur Messung dienen. Das hier durchfli Wasser sammelt sich in einem dritten Kasten *F*, von wo es geleitet wird. Hauptbedingung ist, dafs die aus den Oeff tretenden Strahlen sämmtlich gleich stark sind, woher die O gen gleich grofs, und einem gleichen Wasserdrucke ausgeset müssen. Aus dem letzten Grunde löthet man die Messing

Kupferbleche, worin in gerader Linie und etwa in 3 Zoll Abstand von Mitte zu Mitte die Oeffnungen eingeschnitten sind, mit grofser Sorgfalt auf, so dafs die Mittelpunkte aller Oeffnungen gleich hoch liegen, aufserdem ist aber auch dafür zu sorgen, dafs in den Kasten B und D sich kein starkes Gefälle bilde, welches den Wasserstand vor den Oeffnungen neben der Speiseröhre merklich höher stellen würde, als vor den entfernteren. Dieses wird erreicht, indem man beiden Kasten ein grofses Profil giebt, da aber gewöhnlich der Raum sehr beschränkt und sonach eine grofse Breite nicht zulässig ist, so bleibt nur die Darstellung einer grofsen Tiefe möglich. Die Messung geschieht in folgender Art. Die sämmtlichen Zollöffnungen E, E sind mit gewöhnlichen Korken geschlossen, und sobald die Röhre A zu wirken anfängt und der Kasten D bis zur Höhe der Oeffnungen gefüllt ist, nimmt der Aufseher einen Kork nach dem andern heraus und zwar so lange, bis die durchfliefsenden Strahlen sich von den obern Rändern der Oeffnungen trennen. Man kann dieses mit der gröfsten Deutlichkeit bemerken. Gesetzt, dafs durch fünf Oeffnungen E, E noch volle Strahlen durchfliefsen, dafs aber, sobald die Oeffnung E', die in der Figur geschlossen dargestellt ist, zu fliefsen anfängt, die Strahlen sich von den obern Rändern der Oeffnungen trennen, so zeigt dieses, dafs die Wassermenge 5 Zoll oder darüber, aber noch nicht 6 Zoll beträgt. Durch diese Oeffnungen fliefst das Wasser dauernd ab, und der Aufseher kann zu jeder Zeit sich überzeugen, ob die Wassermenge sich nicht vermindert hat, er kann aber auch leicht wahrnehmen, ob sie sich vermehrt, wenn er von Zeit zu Zeit versucht, noch eine der bisher geschlossenen Oeffnungen frei zu machen. Dieser Mefsapparat gewährt sonach den grofsen Vortheil, dafs er eine überaus leichte und bequeme Controlle über die Ergiebigkeit der Wasserleitung dauernd zuläfst.

Wenn das zufliefsende Wasser nicht eine einzige, sondern mehrere Röhrenleitungen speisen soll, und es nöthig ist, das ganze Quantum unter diese entweder gleichmäfsig, oder nach einem bestimmten Verhältnisse zu vertheilen, oder aber wenn einige derselben ein gewisses Quantum unter allen Umständen erhalten müssen, so läfst sich dieses, wie Fig. 73 *a* im Grundrisse und *b* im Profile zeigt, leicht bewirken, sobald eine zweite Reihe von Zollöffnungen dargestellt wird. Die Steigeröhren *A* gieſsen das Wasser in möglichst gleichen Abständen in den gemeinschaftlichen Kasten *B* aus, von wo es in

den Behälter *D* tritt. Die Oeffnungen in der Wand des letztern führen es nach *F*, und bei diesem Uebergange geschieht, wie erwähnt, die Messung. Jede Mündung *G* einer zu speisenden Röhrenleitung ist aber wieder in einem besondern Kasten *H* angebracht, dem das Wasser durch eine neue Reihe von Oeffnungen zugeführt wird. Durch Schliefsen oder Oeffnen der letzteren kann der Aufseher jeder Leitung ihr Quantum zuweisen.

Die Figuren zeigen die ganze Anordnung der Bassins, wie sie in Frankreich üblich und sehr bequem ist. In dem Thurme auf dem Gebäude der Wasserhebungsmaschine liegen zunächst an der Mauer ganz frei und zugänglich die verschiedenen Steigeröhren. Sie giefsen sämmtlich ihren Inhalt in den äufsern Kasten, der gemeinhin ohne Zwischenwand entweder an allen vier Wänden des Zimmers, oder doch wenigstens an drei derselben sich hinzieht, indem an der vierten die Treppe liegt. Vor diesem Kasten *A* befinden sich die andern *B*, *C* und *D*, und der Aufseher kann leicht sowol die Controlle, als auch die vorgeschriebene Vertheilung des Wassers ausüben. In der Figur ist noch ein blecherner Cylinder über der Mündung der Röhrenleitung *G* dargestellt, der ringsum mit feinen Oeffnungen versehn ist, um die gröberen Stoffe, die das Wasser vielleicht mit sich führt, vom Eintritt in die Leitung abzuhalten. Gewöhnlich befindet sich in der Achse desselben noch ein Kegelventil, womit die Mündung der Leitung verschlossen werden kann. Endlich sind die sämmtlichen Kasten auf einem starken hölzernen Gestelle in solcher Höhe angebracht, dafs der Aufseher möglichst bequem alle Oeffnungen im Auge behalten und erreichen kann. Die äufsern Wände der Reservoire, die dem vollen Seitendrucke ausgesetzt sind, bestehn aus Holz, das Ganze ist aber mit Bleiplatten verkleidet und Bleiplatten bilden die innern Wände mit Ausnahme der Theile, worin die zölligen Oeffnungen eingeschnitten sind. Dieses sind gewöhnlich Kupferplatten. Durch die beschriebene Anordnung wird ein Theil der gewonnenen Höhe allerdings verloren, der Verlust beträgt aber nicht leicht mehr als 1 Fufs und ist daher unbedeutend in Vergleich zu den dadurch erreichten Vortheilen.

Diese Methode läfst sich auch zur Messung der Ergiebigkeit eines Baches anwenden, wenn man denselben durch ein eingegrabenes Brett sperrt, worin die Metallplatte mit den zölligen Oeffnungen eingesetzt ist. Dieses Verfahren empfiehlt sich bei kleinen Wasser-

ngen ganz besonders, insofern der hierzu erforderliche Stau sich
f 2 bis 3 Zoll beschränkt.

Endlich wäre noch die Gröfse des Wasserzolles anzugeben, oder bestimmen, wie viel Wasser die zöllige Oeffnung unter den anführten Umständen in einer gewissen Zeit liefert. Die Lösung ser Aufgabe bietet in sofern einige Schwierigkeit, als es unbemmt ist, wie stark das Wasser sich vor der Oeffnung senkt, dat der gesenkte Wasserspiegel so eben den obern Rand der Oeffng berührt. Man nimmt in Frankreich gewöhnlich an, dafs diese nkung oder die Druckhöhe über dem obern Rande 1 Pariser sie beträgt, wenn der Durchmesser der Oeffnung 1 Pariser Zoll . Die Druckhöhe über dem Mittelpunkte der Oeffnung wäre also Pariser Linien. Der Contractions-Coefficient, der für solche kleine ruckhöhen gilt, beträgt etwa 0,65. Hiernach kann man die Bechnung anstellen, und sie macht sich am einfachsten, wenn man e unendlich schmalen horizontalen Sectionen der Oeffnung, welche rselben Druckhöhe ausgesetzt sind, durch den Centriwinkel ausückt, dessen einer Schenkel vertical aufwärts und dessen andrer ch dem Seitenrande der Schicht gezogen ist. Man erhält alsdann e Wassermenge oder

$$M = \tfrac{1}{2}\, c\pi \,.\, D^2 \sqrt{gh} \left(1 - \tfrac{1}{12} \cdot \frac{D^2}{h^2} - \tfrac{1}{32} \cdot \frac{D^4}{h^4} \cdots\right)$$

o D den Durchmesser der Oeffnung, h die Druckhöhe über dem littelpunkte und c den Contractions-Coefficient bedeutet. Hiernach at man die Wassermenge berechnet, und damit ungefähr übereintimmend nimmt man in Frankreich allgemein an, dafs ein Wasseroll in Pariser Maafs in der Minute 15 Pinten oder in 24 Stunden 9,1953 Cubikmeter liefert, d. i. 620,9 Cubikfufs Rheinl. Prony hat orgeschlagen, die Oeffnung so zu vergröfsern, dafs sie in 24 Stunen 20 Cubikmeter giebt, und diesem abgeänderten Wasserzolle gab r die Benennung „*double module d'eau.*“ Bei der Wasserleitung n Toulouse hat man diese Aenderung eingeführt, doch scheint sie onst keinen Beifall gefunden zu haben.

Wenn die Oeffnung einen Rheinländischen Zoll im Durchmesser hält, so giebt sie unter derselben kleinsten Druckhöhe in der Secunde 0,00602 und in 24 Stunden 520 Rheinländische Cubikfufs.

§. 19.
Ansammlung des Wassers.

Wenn man einen Bach oder Fluſs zur Speisung einer Wasserleitung benutzen will, so muſs das Wasser an einer Stelle geschöpft werden, wo es möglichst rein ist. Unmittelbar in der Oberfläche oder am Boden darf es aber nicht entnommen werden, weil dort alle schwimmenden Körper in die Leitung treten, oder die davor angebrachten Gitter und Drahtnetze bald sperren würden, am Boden enthält es dagegen meist erdige Theile und geht sogar oft in dünnflüssigen Schlamm über. Man entnimmt daher das Wasser an solchen Stellen, wo es besonders tief ist, und vermeidet die Nähe der Ufer, weil daselbst eine Verunreinigung durch Staub, Blätter u. dergl., auch durch Thiere am meisten zu besorgen ist. Sodann ist eine besonders starke Strömung an der Stelle, wo die Ableitung geschieht, auch nicht vortheilhaft, weil im schnell bewegten Waser oft feine Sandkörnchen schweben, die sich bei einiger Ruhe niederschlagen. Wenn man einen Damm oder ein Wehr quer durch das Bette führt, so vermeidet man auf die einfachste Weise die erwähnten Nachtheile. Das Wasser staut sich davor an und man gewinnt den nöthigen Wasserstand, um in gehöriger Entfernung von dem Grunde schöpfen zu können. Auſserdem wird die Strömung wegen des vergröſserten Profiles gemäſsigt und das Wasser ist daher reiner. Endlich tritt hierbei zuweilen auch noch der günstige Umstand ein, daſs die Druckhöhe sich etwas vermehrt und dadurch die ganze Leitung an Wirksamkeit gewinnen kann. In dieser Beziehung darf man sich jedoch nicht zu viel versprechen, noch auch einen zu groſsen Stau bilden, denn die Wassermasse des Quelles folgt dem Bette nur, wenn die Widerstände in demselben viel geringer sind, als in den Adern, die sich im Boden und namentlich zwischen den Kies- oder Sandkörnchen befinden. Sperrt man aber das Bette und staut man das Wasser an, so treten sogleich die Nebenwege in Wirksamkeit, und die Leitungsröhre empfängt um so weniger Wasser, je höher man dasselbe anspannt. Dieses Gesetz gilt auch noch, wiewohl aus einem andern Grunde, bei gröſsern Bächen und selbst bei Flüssen. Staut man dieselben nämlich hoch auf, so wird der Erdboden rings umher stärker befeuchtet, wie früher, die Verdunstung entzieht also ein

gröfseres Wasserquantum und eine Menge Quellen zeigt sich oft nicht nur am Fufse des Dammes, sondern auch neben demselben und an den Ufern, indem das Wasser wegen des stärkeren Druckes durch den Boden hindurchgetrieben wird und nutzlos verloren geht. Durch eine sorgfältige Dammschüttung und Dichtung derselben läfst sich solch dieser Uebelstand zuweilen umgehn, doch ist dieses nicht immer möglich.

Mit Rücksicht auf die abzuleitende Wassermenge und die Wichtigkeit der ganzen Anlage werden verschiedenartige Vorrichtungen zum Schöpfen des Wassers gewählt. Eine der einfachsten zeigt Fig. 74 *a* im Längendurchschnitt und *b* in der Ansicht von oben. Die hölzerne Grundrinne *K* liegt in dem Erddamme, der den Stau bewirkt. Sie mufs sorgfältig mit einem Lehmschlage umgeben sein, damit das Wasser nicht zwischen ihr und der Erde einen Abflufs findet. An dem vordern Ende, womit sie in den Weiher, oder in das Speisebassin hineinreicht, ist sie mit einem hölzernen Pflock geschlossen, bei vorkommenden Reinigungen wird letzterer herausgeschlagen. Nicht weit davon steht der Rinnstock *L*, auch wohl der Mönch genannt, der sie mit zwei Backen von beiden Seiten umfafst, und um die Verbindung um so sicherer zu machen, wird die Rinne einige Zoll tief eingeschlitzt, wie in Fig. 74 *b* durch die punktirten Linien angedeutet ist. Der Rinnstock ist auf der dem Quell zugekehrten Seite offen, und wird durch eingesetzte Brettstückchen, die durch das Wasser angedrückt werden, geschlossen. Je mehr derselben eingestellt werden, um so höher spannt man das Wasser, und man kann sonach die Druckhöhe nach Maafsgabe der Reichhaltigkeit des Quells etwas vergröfsern. Der Zufluſs geschieht hier immer in der Oberfläche, woher ein Gitter in dem Rinnstocke angebracht sein mufs, um das Eintreiben von Laub und andern schwimmenden Körpern zu verhindern. Endlich mufs für die gehörige Dichtung des ganzen Apparats gesorgt werden, indem man in die Fugen zwischen und neben den Brettstücken Moos oder Werg von aufsen eintreibt.

Wenn ein Quell, wie gewöhnlich geschieht, am Fufse einer Anhöhe vortritt, so bietet sich die Gelegenheit, ihn so abzufangen, dafs er gar nicht mit der Luft in Berührung kommt, also dem Einflusse der äufsern Temperatur ganz entzogen wird. Auch für die Reinheit des Wassers ist diese unterirdische Verbindung mit der Röhrenleitung von wesentlichem Nutzen, weil Pflanzen, wie Thiere, in weit

gröfserer Menge sich einfinden, sobald der Quell zu Tage tritt, alsdann auch Staub hineingeweht, oder erdige Theilchen durch tenzuflüsse zugeführt werden. Eine Anlage dieser Art nennt eine Brunnenstube. Fig. 32 auf Taf. III zeigt eine solche, *b* in zwei senkrechten und *c* in horizontalem Durchschnitte.

Dieselbe ist rings umher, und so auch oben und unten Mauerwerk umschlossen. Die Quellen treten zwar gewöhnlich rein ausgewaschenen Sand- oder Kies-Schichten hervor, indem die dauernde Durchströmung alle Thon- und sonstigen Erdthe daraus fortgespült sind, da jedoch der Sand durch das aufque Wasser in Bewegung gesetzt wird, so könnte er auch leicht Leitung getrieben werden. Aus diesem Grunde ist die Ueberd der Sohle mit einem dicht schliefsenden umgekehrten Gewöl forderlich. Dieses sowol, wie auch die Seitenmauern ruhen auf durchgehenden Fundamente, welches gemeinhin aus Bruchstei Cementmörtel ausgeführt ist. Indem durch die Umfassungen sowol an beiden Seiten, wie auch rückwärts die im Boden den Wasseradern in das innere Bassin treten sollen, so si Mauern etwa bis zu der Höhe des gewöhnlichen Wasserstan der Brunnenstube trocken, oder mit offenen Fugen ausgefüh auswärts noch mit Steinschüttungen umgeben, damit der Zut diger Theilchen um so vollständiger verhindert wird. Auf de seite darf dagegen das Wasser nicht durchdringen. Die hier liche Mauer, sowie auch die Flügelmauern werden daher aus steinen in Cementmörtel ausgeführt und stehn gleichfalls auf de serdichten Fundamente auf. Die obern Theile der Umfassungsm wie auch das Gewölbe, welches die Decke der Brunnenstube sind wieder in Mörtel gemauert, auch von innen geputzt. L geschieht zur Sicherung gegen das von oben eindringende woher sie auch mit einer fest angestampften Schicht zähen überdeckt sind. Ueber dieser befindet sich die Erdschüttung, die ganze Anlage gegen Frost und Hitze schützt.

Die Gröfse der Brunnenstube ist von der anzusammelnde sermenge abhängig. Der vordere Theil derselben, zu welch niedrige Eingangsthüre führt, pflegt etwas höher, als der hint halten zu werden, damit die Vorrichtung zum Oeffnen und Sc der Röhrenleitung sich bequemer benutzen läfst. Zu diesem ist in der Höhe der Thürschwelle eine schmale Brücke ang

welche die Schraube hindurchgreift, welche die Klappe vor der
n-Mündung hebt und senkt. Diese Vorrichtung ist Fig. 32*d*
in gröfserem Maafsstabe dargestellt.

Die Röhre schöpft das Wasser etwas über dem Boden der
enstube, der zu diesem Zwecke hier noch gesenkt ist, und tritt
n unter der Erdanschüttung aus, so dafs sie nirgend offen liegt.
assender Stelle ist sie jedoch mit einer Abflufsröhre versehn,
welche bei vorkommenden Reinigungen und Reparaturen die
enstube ganz entleert werden kann.

Jahe unter der erwähnten Brücke befindet sich eine zweite stets
Röhre, die zur Ableitung des Wassers dient, falls der Quell
ise so viel zuführen sollte, dafs die Brunnenstube ganz gefüllt
adurch die Decke derselben bedroht würde. Sobald diese
in Wirksamkeit tritt, führt sie das Wasser in eine gepflasterte
auf der Anschüttung, welche den Zugang zur Thüre der Brun-

bei bildet.

nlagen dieser Art kommen vielfach vor, die hier beschriebene
der Nähe von Seinebrücken ausgeführt.

Wird das Wasser aus einem Strome oder aus einem See ge-
, so ist die Speiseröhre auch zugleich Saugeröhre der Was-
ungs-Maschine. Eine künstliche Aufstauung kommt, wenig-
n schiffbaren Gewässern in diesem Falle nicht vor, doch mufs
hende Tiefe vorhanden sein, damit die Mündung selbst beim
sten Wasserstande noch unter diesem bleibt, ohne den Grund
ühren. Vielfach leitet man in solchem Falle die gufseiserne
über das Ufer und das flache Wasser bis zur genügenden
auf einer Rüstung und zwar in solcher Höhe, dafs sie beim
nlichen Wasserstande über denselben hinaustritt. Die Mün-
ist aber abwärts gekehrt und reicht bis unter das kleinste
r herab. In solcher Art wurde unter andern die Wasserlei-
ros-Caillou in Paris aus der Seine gespeist. Hierbei tritt in-
der Uebelstand ein, dafs die Röhre manchen Beschädigungen,
lich bei Eisgang und zur Zeit des hohen Wassers durch
r treibende Gegenstände und selbst durch Schiffe ausgesetzt
us diesem Grunde wählt man häufig eine andre Einrichtung,
h die Röhre unter die Sohle des Flufsbettes versenkt wird
n ihrem Ende in einem starken massiven Bau sich lothrecht
. Letzteren hat man wegen der wirbelnden Bewegung, die

er im Strome erzeugt, Delphin genannt. Fig. 75 auf Taf. V zeigt einen solchen. Die Mündung der Speiseröhre liegt etwa 9 Zoll unter dem kleinsten Wasser, die Röhre selbst senkt sich aber mit schwachem Gefälle vom Delphin ab bis zum Brunnen, aus welchem die Maschine das Wasser schöpft, und treibt sonach den etwa eintretenden Sand bis zu diesem, ohne dafs sie dadurch gesperrt werden kann. Bei dieser Anordnung liegt die Röhre so tief, dafs sie vor Beschädigungen gesichert ist, und wenn man ihre Mündung schliefst, so kann sie im Innern trocken gelegt werden. Die aufwärts gerichtete Mündung mufs aber vor möglichen Beschädigungen gesichert werden, und dieses geschieht durch das massive Gebäude, welches sie umgiebt. Dasselbe ist mit einer Reihe fensterähnlicher Oeffnungen versehn, die von aufsen mit starken Gittern und von innen mit feinen Drahtnetzen geschlossen sind. Durch selbige erfolgt der Zufluſs des Wassers. Bei Hochwasser wird das ganze Gebäude überströmt, bei niedrigem Wasser kann man aber heranfahren und auch hineingehen, um die Gitter und Netze zu reinigen. Im Schiffahrts-Interesse ist es nothwendig, die Stelle, wo der Delphin sich befindet, deutlich zu bezeichnen, damit nicht etwa bei hohem Wasserstande Schiffe darauf stofsen. Mehrere Anlagen dieser Art befinden sich in der Themse bei London.

Zuweilen wird der Bach, durch den man die Wasserleitung speisen will, theilweise schon zu andern Zwecken, wie etwa zum Betriebe von Mühlen benutzt, und wenn es alsdann nicht gelingt diese anzukaufen, so bleibt nur übrig, der Leitung nur diejenige Wassermenge zuzuweisen, deren die ältere Anlage nicht bedurfte. Es mufs also eine bestimmte Vertheilung eintreten, die oft wieder durch die verschiedenen Witterungsverhältnisse bedingt wird. Gewöhnlich wird zu diesem Zwecke der Zufluſs nach der Röhrenleitung durch Schütze oder Ventile, oder auf andre Art von dem dazu angestellten Aufseher regulirt. Diese Anordnung macht indessen die genaue Wahrnehmung des einen und des andern Interesses nur von der Aufmerksamkeit des Wärters abhängig. Man hat sich daher vielfach bemüht, die Bewegung jener Schütze und Klappen durch die veränderte Strömung oder die Veränderung des Wasserspiegels in dem Gerinne oder Bache zu bewirken, um nicht nur den Aufseher zu entbehren, sondern auch um jede eintretende günstige Veränderung in dem Zuflusse, wenn sie auch nur von kurzer Dauer

...lte, zu benutzen und jeder Versäumniſs im Ziehn der Schütze ...gen. Bei uns kommen dergleichen Anlagen nicht vor, und ...t im Allgemeinen zu denselben auch wenig Vertrauen, indem ...int, daſs die Maschinerie bald in Unordnung kommen müsse. ...rf indessen nicht vergessen, daſs der Grund des Miſsglückens ...ersuches nicht immer in der Unbrauchbarkeit der Erfindung ...ielmehr häufig in der unpassenden Anordnung und schlechten ...ung zu suchen ist.

...England sind Anlagen dieser Art mehrfach zur Ausführung ...en. Hierher gehören schon die schwimmenden Heber, ...llen Wasserständen des Baches immer eine gleiche Quan... ...sser abführen. Man richtet sie so ein, daſs der Bach einen ...n speist, und in diesem schwimmt eine Kugel, die den über ...nd des Brunnens herüberreichenden Heber trägt und sonach ...Stellung nach Maaſsgabe der Hebung oder Senkung des Was... ...gels verändert. Damit der Heber indessen immer senkrecht ...t bleibt und nach einer bestimmten Seite ausgieſst, so hängt ...zwei Ketten, die über Räder führen, und letztere sind durch ...gewichte so abgeglichen, daſs die gröſsere oder mindere Länge ...herabhängenden Ketten ihren Einfluſs verliert. *)

In groſser Ausdehnung ist diese Selbstregulirung der Zu... Abflüsse bei der Wasserleitung in Ausführung gebracht, welche ...nock (etwa 1 Meile unterhalb Glasgow an der Clyde) mit Was... versorgt. Ich will die wichtigsten der daselbst getroffenen An...ungen nach der Beschreibung von Mallet **) mittheilen und be...ke zuvor, daſs man den Shaw-Fluſs oberhalb Greenock in einem ...en Bassin von 470 Magdeburger Morgen Grundfläche und mehr ...500 Fuſs hoch über dem Niveau der Clyde auffing und auſser... mehrere andere Bassins anlegte, die jedoch nur geringere Aus...ung haben. Man sammelt hier alles Wasser, was man irgend ...nen kann, und läſst den bereits bestehenden Mühlen nur soviel, ...sie bisher zu ihrem Betriebe benutzten. Der Ueberschuſs bei ...em Wetter flieſst sonach in das Bassin, und dasselbe geschieht ...t der ganzen Wassermenge, wenn sie bei trockner Witterung für

*) Verhandlungen des Gewerbevereins. Zehnter Jahrgang. Berlin 1831. ...

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1831. I. S. 152.

die Mühle ungenügend war. Aus diesem Bassin werden zwei Reihen von Mühlen getrieben, von denen die eine 26 und die andere 18 oberschlächtige Räder enthält. Endlich dient das Wasser noch zur Versorgung von Greenock und der daselbst anlegenden Schiffe.

Die hier angebrachten Selbstregulirungen der Zu- und Abflüsse beruhn auf verschiedenen Anordnungen, die sich aus den folgenden Beispielen ergeben, die auf Taf. VI dargestellt sind. Fig. 1 zeigt die Vorrichtung, um einen Mühlgraben aus dem Sammelbassin zu speisen, der jederzeit Zufluſs erhalten muſs, sobald die Mühle in Gang gesetzt wird. *A* ist das Niveau im Bassin, *B* dasselbe im Mühlgraben. Beide sind mit einander durch einen überwölbten Kanal verbunden, an dessen oberer Mündung sich ein Schütz befindet, welches durch einen Hebel *DE* gestellt wird. Dieser Hebel erhält seine Bewegung durch einen Schwimmer *FG* im Mühlgraben. Sobald die Mühle in Gang gesetzt wird, senkt sich davor der Wasserspiegel und mit demselben der erwähnte Schwimmer, der folglich das Schütz *C* hebt und dadurch den Zufluſs aus dem Sammelbassin eröffnet. Dieser Zustand dauert so lange, bis die Mühle in Ruhe gesetzt wird. Geschieht dieses, so hebt sich der Schwimmer durch dem Wasser vor der Mühle, und sperrt den weitern Zufluſs ab. Der Schwimmer *FG* ist 19 Fuſs lang und breit und 7 Zoll stark. Der Hebel *DE* miſst im kürzern Arme (auf der Seite des Schwimmers) 9 Fuſs und im längern 18 Fuſs. Das Schütz *C* ist 3¼ Fuſs lang und 1½ Fuſs hoch. Es trifft sich indessen zuweilen, daſs das Oberwasser der Mühle auch durch fremdes von den Seiten zuströmendes Wasser stark gehoben wird, und der Hebel, der nach der beschriebenen Einrichtung sich nur so lange heben kann, bis das Schütz ganz geschlossen ist, würde alsdann durch den Schwimmer einem solchen Drucke ausgesetzt werden, daſs die Zugstange des Schützes verbogen werden könnte. Um dieses zu verhindern, ist die Achse des Schwimmers nicht unmittelbar am Hebel befestigt, sondern an einem zweiten Hebel, der durch ein Gewicht *H* in einer bestimmten Stellung gegen den ersten erhalten wird. Sobald der erwähnte Fall eintritt, so hebt sich der zweite Hebel mit dem angehängten Gewichte, so daſs der Schwimmer noch ansehnlich höher steigen kann. Diese Einrichtung fand Mallet seit 13 Jahren im Gange.

Fig. 77 zeigt eine andere zu demselben Zwecke dienende Anordnung, die vor der ersten den Vorzug hat, daſs sie noch

erden kann, wenn die Niveaudifferenz zwischen dem Bassin
em Mühlgraben B sehr bedeutend auch das Stauwehr so
dafs jener Hebel nicht mehr bequem herüberreichen würde.
Speisebassin leitet eine enge Röhre CD, die fortwährend
bleibt, einen feinen Wasserstrahl nach dem Gefäfse E und
ıtleert sich durch die Röhre bei F in den Mühlgraben. Hier
sich der kleine Schwimmer G, der ein Ventil trägt, womit
ıntere Mündung der benannten Röhre von unten verschliefst,
er bis zu einer gewissen Höhe steigt. Der Erfolg ist sonach
ls bei einem niedrigen Wasserstande im Mühlgraben der Cy-
E leer ist, und bei höherem sich füllt. Die Ausflufsmündung
m Bassin nach dem Mühlgraben wird durch eine Klappe I
»sen, welche sich um eine horizontale Achse dreht und so ein-
et ist, dafs sie durch den Druck des im Bassin A befindlichen
rs, wie hoch dieses auch steigen mag, nicht geöffnet wird, ihre
ung vielmehr nur durch das Anziehn der Kette K erfolgen kann.
Kette führt über eine Scheibe und trägt ein Gewicht H, das
linder E hängt. Letzteres übt den Zug auf die Klappe aus,
es frei herabhängt, wenn also der Cylinder E nicht gefüllt
der wenn das Wasser im Mühlgraben niedrig steht. Dieses
eht, wenn die Mühle im Gange ist. Sobald sie angehalten
füllt sich der Cylinder E, das Gewicht H, welches ein ange-
nes Volum haben mufs, schwimmt auf, wodurch die Kette K
: wird und der Wasserdruck schliefst die Klappe.

)er in Fig. 78 dargestellte Apparat hat denselben Zweck, wie
)rhergehenden, unterscheidet sich aber dadurch, dafs die Achse
chwimmers zwei Ventile trägt. Mallet meint, dafs diese Vor-
ng sich zur Darstellung eines constanten Niveaus bei hy-
lischen Versuchen besonders eignet. Auch hier bezeichnet
ı Wasserspiegel im Speisebassin und B denselben im Canale,
. man das constante Niveau erhalten will. Wie die Figur zeigt,
der Regulirungs-Apparat durch einen fremden Quell in Thä-
t gesetzt, doch könnte man dazu auch eine Ableitung aus dem
n benutzen. Die Verbindung zwischen dem Speisebassin und
Mühlgraben wird durch eine Klappe C geschlossen, welche
ı den Wasserdruck immer geöffnet bleiben würde, wenn nicht
Gewicht H mittelst der Kette K sie zudrückte. Dieses Gewicht
chwebt wieder in einem Cylinder E, der mit Wasser gefüllt oder

leer ist, jenachdem der Wasserstand im Mühlgraben niedrig o
hoch ist. An der Achse des Schwimmers *G* befinden sich zw
Kegelventile, wodurch zwei Oeffnungen verschlossen werden kön
von denen die eine die Verbindung zwischen dem Reservoir *D* u
dem Cylinder *E* darstellt und die andere das Wasser aus dem C
linder *E* entweichen läfst. Ist jene geschlossen und diese geöff
was bei hohem Wasserstande im Canale *B* der Fall ist, so bl
der Cylinder *E* leer und folglich drückt das Gewicht *H* die Kla
C fest an. Senkt sich dagegen der Wasserspiegel *B* und mit d
selben der Schwimmer *G*, so öffnet sich das obere Ventil, das W
ser tritt also aus dem Bassin *D* aus, doch ist nunmehr die dar
befindliche Ausflufsöffnung durch das andere Ventil geschlos
das Wasser füllt daher den Cylinder *E*, hebt das Gewicht *H* u
die Klappe *C* wird durch den Wasserdruck geöffnet. Das Niv
B kann also bei dieser Anordnung sich nur soweit verändern,
die beiden mit einander verbundenen Ventile sich heben und se
können. Bei sorgfältiger Ausführung läfst sich dieser Spielra
leicht auf eine Linie oder noch weniger beschränken. Ein App
dieser Art war seit 1819 im Gange. Der Cylinder *E* ist 4 F
1 Zoll weit und 5 Fufs hoch, wogegen das Gewicht *H*, welch
gleichfalls cylindrisch ist, 4 Fufs im Durchmesser hält und 4 F
hoch ist. Der Schwimmer *G* ist 2 Fufs breit, ebenso lang und 6 Z
hoch. Die beiden Ventile bei *F* haben 2 Zoll im Durchmesser, e
lich die Klappe *C* ist 4 Fufs lang und 6 Zoll hoch, doch ist d
Apparat so kräftig, dafs die Klappe ohne Nachtheil auch grö
sein könnte.

Für den Fall, dafs aus einem Mühlgraben, sobald derselbe m
Wasser führt, als zum Betriebe der Mühlen erforderlich ist, d
Ueberschufs nach dem Speisebassin geleitet werden soll, dient d
Vorrichtung Fig. 79. *A* ist der Mühlgraben. Die Klappe *BD*, d
um die horizontale Achse bei *B* sich dreht, schliefst den Ab
nach dem Speisebassin. Ein gufseiserner Hebel ist an der Kla
befestigt und vermöge des Gegengewichts *E* hält er sie gegen d
Wasserdruck geschlossen. Steigt das Wasser im Mühlgraben,
fliefst es durch die Rinne *BC* nach dem Eimer *F*, und wie ders
sich mit Wasser füllt, so wirkt er dem Gewichte *E* entgegen u
hebt letzteres zugleich mit der Klappe auf, so dafs der Ausflufs
folgt. Sobald aber der Wasserstand bei *A* sich senkt, so dafs

...fluſs in den Eimer *F* aufhört, so entleert sich dieser durch eine ...ine Oeffnung im Boden und das Gewicht *E* schlieſst wieder die ...appe.

...Man möchte vielleicht glauben, daſs die ganze Wassermenge, ...man bei höheren Anschwellungen ableiten will, in derselben ...über ein Ueberfallwehr von einer gewissen Höhe gestürzt wer... könnte, wie das kleine Gerinne *BC* wirkt. So lange jedoch ...Wehr überfluthet wird, senkt sich der Wasserspiegel davor nie... bis zur Höhe seines Rückens, sondern das Wasser steht immer um ...höher, je stärker der Zufluſs ist. Will man also einen constan... Wasserspiegel darstellen und groſse Wassermengen abführen, ...muſs man Oeffnungen bilden, die einem höheren Wasserdrucke ...gesetzt sind, und dieses ist hier geschehn. Einen Apparat von ...er Art hatte man seit 1821 eingerichtet. Die Klappe *BD* ist 4 Fuſs ...und 2½ Fuſs hoch, der Hebel hat eine Länge von 5 Fuſs. Das ...wicht *E* besteht aus einem eisernen, mit Steinen angefüllten Cy... von 6 Zoll Durchmesser und 18 Zoll Höhe, und wiegt mit ...Füllung 260 Pfund. Der kupferne Eimer *F* dagegen ist 18 Zoll ...ch und ebenso weit.

Zu gleichem Zwecke dient auch der Apparat, den Fig. 80 dar...llt. Der Abfluſs aus dem Mühlgraben *A* ist durch die Klappe *C* geschlossen, die sich um die horizontale Achse *B* dreht. Der ...asserdruck allein würde diese Klappe sogleich öffnen, wenn nicht ...s Gewicht *D* sie mittelst einer Kette zurückhielte. Letzteres hängt ...doch in einem guſseisernen Cylinder, der im Mühlgraben steht und ...der Höhe desjenigen Wasserstandes, wobei der Abfluſs eröffnet ...erden soll, ringsum mit kleinen Löchern versehn ist. Steigt das ...asser bis hierher, so füllt es den Cylinder, und das Gewicht *D* ...nicht mehr im Stande, die Klappe geschlossen zu erhalten, woher ...Abfluſs beginnt. Senkt sich dagegen der Wasserspiegel im Mühl...aben, so daſs die Löcher kein Wasser dem Cylinder zuführen, so ...tleert sich der letztere durch die feine Röhre *EF* und das Gewicht ...zieht wieder die Klappe an. Die Röhre *EF* muſs einen so ge...ingen Querschnitt haben, daſs sie bei eintretender Wirksamkeit der ...effnungen im Cylinder nicht den ganzen Zufluſs abführen kann, ...wird aber nicht geschlossen und sonach bildet sich für jeden ...nstanten Zufluſs durch die Oeffnungen auch ein constanter Wasser...nd im Cylinder, und zwar wird derselbe um so höher sein, je

gröſser jener Zufluſs ist. Auf solche Art erreicht man noch d
Vortheil; daſs bei höheren Wasserständen im Mühlgraben auch
Klappe um so weiter geöffnet wird. Ein Apparat dieser Art w
seit 1817 im Gange, bei demselben ist der gußeiserne Cyl
5 Fuſs 10 Zoll tief und 2 Fuſs 1 Zoll weit, das Gewicht *D* ist gl
falls cylindrisch, sein Durchmesser mißt 2 Fuſs und seine Höhe
trägt eben so viel, es wiegt 500 Pfund. Die Klappe, die je
eine etwas andere Einrichtung hatte, war 4 Fuſs hoch und 4 F
breit.

Endlich ist noch eine gleichfalls bei Greenock zur Au
gebrachte Einrichtung zu erwähnen, die vom Mühlgraben das
flüssige Wasser dem Speisebassin zuweist, und zwar nicht nur
Zeit des Hochwassers, wo der Graben zu viel Wasser führt, son
auch zur Zeit der Dürre, wo er so wenig Zufluſs hat, daſs die M
doch nicht in Betrieb gesetzt werden kann. Die Regulirung ge
hier durch einen kleinen Seitenzufluſs, von dessen Reichhaltigk
abhängt, ob das Wasser in das Bassin geleitet wird, oder n
Diese Anordnung ist insofern angemessen, als man voraus
darf, daſs alle benachbarten Quellen nach Maaſsgabe der Witter
Verhältnisse gleichzeitig reichhaltiger flieſsen, oder weniger W
abführen. Der Mühlgraben nimmt in diesem Falle zwischen d
Speisegraben und der Mühle noch mehrere Quellen und Bäche
die zur Zeit eines anhaltenden Regens schon allein das erforder
Betriebswasser liefern. Bei etwas geringerem Zuflusse darf für
Leitung nur ein Theil des Wassers entnommen werden, und
noch geringerem gar nichts. Versiegen die Zuflüsse aber immer m
so daſs eine gewisse Grenze der Dürre erreicht wird, so darf wi
alles Wasser in das Speisebassin geleitet werden, weil alsdann
Mühle wegen Wassermangel doch auſser Betrieb gesetzt werden m
Fig. 81 stellt die Einrichtung dar, welche diese verschiedenen M
fications des Zuflusses bewirkt. Mallet sagt, daſs sechs solc
Apparate eingerichtet wurden, und Robert Thom, von dem
diese sinnreichen Erfindungen ausgegangen waren, auch hiervon
nen günstigen Erfolg sich versprach. *A* ist der Mühlgraben un
die Klappe, die seinen Abfluſs nach der Mühle sperrt, sie wird
nicht nur durch den Wasserdruck geschlossen erhalten, son
auſserdem noch durch ein kugelförmiges Gewicht, das besond
dazu dient, sie wieder zu schlieſsen, sobald sie geöffnet war.

Klappe befindet sich noch ein zweiter Arm, woran eine Kette ...igt ist, und diese wird angezogen, sobald der Eimer *D* sich ... Am Boden des letzteren befindet sich eine Oeffnung, durch ... des hineingeführte Wasser wieder abfliefst, und so verschwin... einem geringen, oder noch mehr bei gar keinem Zuflusse ...bald das Uebergewicht des Eimers *D*, und die Klappe *B* wird ...geschlossen. Es kommt darauf an, das Wasser aus dem ...flusse, der im Bassin *E* gesammelt wird, bei einer gewissen ... Ergiebigkeit in den Eimer zu führen und bei gröfserer ...ringerer Reichhaltigkeit davon abzuhalten. Dieses geschieht ...rmaafsen. Der Seitenzufluſs tritt durch die Röhrenleitung ...durch den Ausguſs bei *F* in den Eimer. Ist er sehr schwach, ... der Eimer nicht das Uebergewicht bekommen, indem das ... sich nicht darin sammelt, sondern schon mit geringer Druck- ...durch die Bodenöffnung abgeführt wird. Wird dagegen die im ... *E* aufgefangene Wassermenge gröfser, so genügt die Boden... im Eimer nicht mehr, die Ansammlung zu verhindern, und ...lbe wird so schwer, dafs er die Klappe *B* öffnet. Wird der ...s noch gröfser, so ist auch die Ausmündung der Leitung *F* ...t mehr genügend, um das Wasser sogleich abzuführen, es steigt ...dann in die cylindrische Erweiterung bei *G*, und hebt den in derselben liegenden Schwimmer, der ein Kegelventil trägt. Sobald dieses ...hoben wird, so schliefst es die darüber befindliche Oeffnung und ...perrt wieder den Zufluſs zum Eimer. Letzterer entleert sich durch ...e Bodenöffnung so weit, dafs die Klappe *B* sich schliefst, und so...mit hört auch in diesem Falle die Zuführung des Wassers nach ...er Mühle auf und dasselbe gelangt zum Speisebassin.

Auch in andern Fällen, als gerade bei solchen Wasserleitungen, wovon hier die Rede ist, hat man Vorkehrungen getroffen, wodurch ...e Erhebung des Wasserstandes über eine gewisse Höhe verhindert ...rd. Hierher gehören die heberförmigen Abläſse, welche Garipuy ...m Canal du Midi anlegte. Fig. 82 *a* und *b* zeigen einen solchen ...n Querschnitte und im horizontalen Durchschnitte, letzteren nach ...er Linie *AB* des Querschnittes. Hätte man hier nur ein Ueber...fallwehr angebracht, so würde, wie bereits erwähnt, eine starke Er...hebung des Wasserspiegels im Canale möglich geblieben sein, und ...e Gefahr vor einem Durchbruche der Canaldämme an der Thal...seite wäre nicht beseitigt. Sobald dagegen diese Heber in Wirk-

samkeit treten, so ist die Geschwindigkeit von der Nive des Ober- und Unterwassers abhängig, und die Wirkung wi kräftig, wie bei Grundabläßen. Es sind immer je drei solche migen Oeffnungen in einer gemeinschaftlichen Mauer angeb haben einen oblongen Querschnitt und sind etwa 2½ Fuß 1½ Fuß hoch, ihre obere Mündung liegt zwei Fuß über d sohle, wodurch das Eintreiben schwimmender Körper verhi Die Bodenfläche der Heber erhebt sich in dem höchst bis zur Höhe desjenigen Wasserstandes, den man im Can ten pflegt, und in dieser Höhe liegt auch das enge Luf Die Wirksamkeit der Heber ist folgende: bis zu dem Wasserstande ist jedes Ueberlaufen verhindert, sobald ab nal noch mehr wächst, so fließt durch die Oeffnungen, w Wehr, etwas Wasser über, doch ist die Menge desselbe deutend, so lange nicht die Decke des Hebers an der höch erreicht wird. Geschieht dieses, so beginnt die eigentlich da nunmehr die ganze Niveaudifferenz zur Druckhöhe Abfluß würde aber ohne das erwähnte Luftrohr nicht hören, als bis der Canal sich fast ganz entleert hätte. D unterbricht jedoch die Wirksamkeit des Hebers, sobald de liche Wasserstand wieder erreicht ist. Man hat diese E soviel bekannt, bei andern Canälen nie nachgeahmt, sie insofern nicht empfehlenswerth sein, als sie häufig in kommt und schwierige Reparaturen sich dabei oft wiede

§. 20.

Filtriren des Wassers.

Die Quellen, so wie auch die Bäche und Flüsse enth ganz reines Wasser. Die fremden Bestandtheile dar weilen verschiedene Erdarten, die fein zertheilt im Wasser

*) *Programme ou Resumé des Leçons d'un cours de constructi de feu Mr. Sganzin, quatrième édition par Reibell. Paris* 1839 *p.* 136.

[illegible] mit demselben in chemische Verbindung getreten zu sein, häufig findet Letzteres auch in so geringem Maafse statt, dafs diese Verunreinigung unbeachtet bleiben darf. Aufserdem rührt die Verunreinigung des Wassers in manchen Fällen auch von Stoffen her, die in gröfserer Menge darin aufgelöst sind, und weder durch Trübung, noch auch durch Färbung sich zu erkennen geben. Manche Salzarten sind im reinen Wasser löslich, wie Gyps, Steinsalz u. a. Viel häufiger ist aber Kohlensäure, und zuweilen sogar in sehr bedeutender Menge im Quellwasser enthalten. Auch andres Wasser, das lange mit der Luft in Berührung bleibt, zieht aus der Atmosphäre Kohlensäure an. Besonders nachtheilig ist aber die Verunreinigung, wenn das Wasser organische Stoffe enthält, die bereits in Verwesung übergegangen sind. Es nimmt alsdann einen faulen, widerlichen Geschmack an, und es erzeugen sich darin Pflanzen und Thiere, weshalb man vor solchem Wasser die Leitungen besonders bewahren mufs. Sobald aber eine gröfsere Menge Kohlensäure im Wasser enthalten ist, so wird dessen auflösende Kraft verstärkt, und namentlich verbindet es sich alsdann leicht mit kohlensaurem Kalk, und nimmt grofse Massen desselben auf. Dasselbe geschieht mit dem weit verbreiteten kohlensauren Eisenoxydul, welches dem Wasser oft eine braune Farbe giebt.

Dieses sind die gewöhnlichsten chemischen Verbindungen, die sich im Quell- und Flufswasser vorfinden. Wie man dieselben erkennt, gehört nicht hierher, und ebensowenig die Auseinandersetzung der Methode, wodurch einer oder der andere fremde Bestandtheil daraus geschieden werden kann. Letzteres geschieht auch niemals bei gröfseren Wasserleitungen, man beschränkt sich vielmehr nur darauf, die im Wasser schwebenden Theilchen, die also nicht chemisch damit verbunden sind, zu entfernen. Nur in kleineren Filtrir-Apparaten wird die Kohle, und zwar vorzugsweise die Knochenkohle, benutzt, um dem Wasser den faulen Geschmack zu nehmen, oder es werden auch chemische Mittel angewendet, um die Reinigung eines unbrauchbaren und selbst eines trüben Wassers entweder eintreten zu lassen, oder doch zu befördern. So wird zu diesem Zwecke in Paris der Alaun benutzt, in Egypten reibt man dagegen eine Art Brod, das aus Mandeln gebacken ist, an die Wände eines thönernen Gefäfses, und indem man darin das Wasser stark

umrührt, so klärt es sich in wenig Stunden auf, und nim
reinen Geschmack an. *) Aehnliche Vorrichtungen kommen b
ren Anstalten, von denen hier nur die Rede sein kann, nicht
beziehn sich vielmehr allein darauf, durch längere Ruhe
Wasser schwebenden Erdtheilchen niederzuschlagen, oder
Filtriren zu entfernen. Es handelt sich hier also immer
die Lösung der mechanischen, aber nicht der chemische
dungen.

Das erste Mittel, nämlich das Niederschlagen dur
Ruhe, hat bei der Anwendung im Grofsen manche Schwie
Das aus einem schnell fliefsenden Strome geschöpfte W
gewöhnlich sehr trübe, und pflegt in den ersten 24 Stun
nicht den nöthigen Grad von Klarheit und Reinheit zu
so dafs es längere Zeit hindurch stehn mufs. Dieser Um
dingt die Anlage von mehreren, nämlich wenigstens drei
deren jedes den ganzen Bedarf für einen vollen Tag fafs
man aber die häufigen Reinigungen und Reparaturen berü
so sind sogar vier solcher Bassins erforderlich. Die Be
des dazu nöthigen Raumes ist in der Nähe grofser Städte
sonders da eine bestimmte Localität Hauptbedingung bleibt,
eine willkührliche Verlegung nicht vornehmen darf, sehr
und kostbar. Ebenso veranlafst ihre Einrichtung und Un
auch grofse Kosten. Besonders nachtheilig ist es aber, d
Bassins, wenn sie die nöthige Ausdehnung haben, nicht
Sonnenstrahlen und dem Staube durch eine Verdachung
werden können. Im Winter tritt ein anderer Uebelstand
eben so nachtheilig ist, indem das Wasser bis zum Gefrieren
Aus diesen Gründen mufs man von der Klärung des Wass
blofse Ruhe meist absehn, wenigstens in dem Falle, wenn
sichtigte Reichhaltigkeit der zu speisenden Wasserleitung d
ausgedehnter Bassins erfordert. Handelt es sich dagegen
kleinere Reservoire, die mit einem Gewölbe überspannt wer
nen, so verschwinden die erwähnten Nachtheile beinahe g

Man kann einem Bassin, in welchem das Wasse
werden soll, gewöhnlich keine bedeutende Tiefe geben, weil
zu der das Wasser gehoben wird, in gleichem Maafse v

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1836. I. *p.* 102.

werden müfste. Die Maschine mufs nämlich so kräftig wirken, dafs sie das Bassin bis zum Rande füllen kann, während die Röhre, welche das reine Wasser abführt, nur in der Nähe des Bodens liegen darf, weil sonst von dem Inhalte des Bassins jedesmal ein grofser Theil unbenutzt zurückbliebe. Wenn es demnach darauf ankommt, eine grofse Wassermasse im Bassin zu fassen, so mufs dieses eine bedeutende Länge und Breite erhalten. Es giebt deren viele, die über hundert Fufs breit und mehrere hundert Fufs lang sind, woher eine Ueberdachung und vollends eine Sicherstellung gegen Erwärmung und Frost nicht ohne sehr grofse Kosten möglich ist. Man pflegt daher bei ihrer Anlage vorzugsweise nur die möglichste Wasserdichtigkeit zu berücksichtigen. Zu diesem Zwecke besteht der Boden meist aus einem sorgfältig ausgeführten und mehrere Fufs mächtigen Thonschlage, und die Seiteneinfassungen werden durch starke Mauern gebildet, an welche gemeinhin auf der äufsern Seite sich noch Erdböschungen anlehnen. Aufserdem mufs man die ganze Anlage so einrichten, dafs sie vor heftigen Winden geschützt ist.

Endlich mufs man auch die häufig vorkommenden Reinigungen berücksichtigen, denn das Bassin würde sonst nicht nur durch die Niederschläge sich immer mehr verflachen, sondern sich auch als ganz unwirksam erweisen, wenn hohe Schlammschichten darin lägen. Zu diesem Zwecke pflegt man die Sohle nicht nur zu befestigen, so dafs sie ohne beschädigt zu werden, gespült und gefegt werden kann, sondern man giebt ihr auch regelmäfsige Gefälle und versieht sie mit Rinnen, die zu besondern Ausflufsöffnungen führen, um alles Wasser und allen flüssigen Schlamm daraus leicht entfernen zu können. Gemeinhin fällt die Sohle des Bassins von beiden Seiten nach der Mittellinie sanft ab, und hier befindet sich eine flache, ausgemauerte Rinne, die etwa 4 Fufs weit ist, und mit geringem Gefälle nach derjenigen Ausflufsmündung führt, die nur bei vorkommenden Reinigungen benutzt wird. Um aber die Schlammablagerungen durch Fegen alsdann sicher beseitigen zu können, ohne die Sohle anzugreifen, so wird diese mit einem gut schliefsenden und fest eingerammten Steinpflaster versehn. In solcher Art pflegt man diese Bassins in England zu behandeln, und ihre Reinigung erfolgt besonders leicht und vollständig, wenn sie in kurzen Zwischenzeiten vorgenommen wird.

Beim Filtriren des Wassers werden die darin schwebenden

Erdtheilchen nicht nur vollständiger, sondern, wenn das Filtrum die gehörige Ausdehnung hat, auch schneller ausgeschieden. Es tritt dabei gar keine Unterbrechung der Bewegung ein. Während die Pumpe das Wasser unaufhörlich zuführt, reinigt sich das Wasser, und tritt sogleich in die Leitung. Hierdurch werden die oben erwähnten Uebelstände umgangen, und man hält allgemein, wenigstens bei grofsen Wasserleitungen, das Filtriren für viel zweckmäfsiger, als das Klären durch Ruhe.

Kleine Filtrirapparate werden nicht nur mit Sand und Kies, sondern auch mit Schwämmen, porösen Steinen, Kohlen und andern Stoffen gefüllt, und sind häufig ziemlich künstlich eingerichtet. In Grofsen, und wenn sie zur Speisung ausgedehnter Wasserleitungen dienen, werden sie dagegen jedesmal sehr einfach angeordnet. Auf dem Boden des wasserdichten Bassins werden Canäle dargestellt, in welchen das filtrirte Wasser sich sammelt, darüber befinden sich Schüttungen von groben, von kleineren Steinen, von Kies und von Sand, so dafs der feinste Sand, in welchem die Filtration erfolgt, die obere Lage bildet. Das trübe Wasser überdeckt den Sand noch mehrere Fufs hoch. Indem es ihn durchdringt, klärt es sich, und dringt bis zu den Canälen herab, die es sogleich der Leitung zuführen.

Der gröfste Uebelstand beim Gebrauche dieser Filtrirvorrichtungen besteht darin, dafs die erdigen Stoffe, die sich aus dem Wasser ausscheiden, die Zwischenräume zwischen den Sandkörnchen verstopfen, und dadurch nicht nur die Wirksamkeit der Anlage, oder die Ergiebigkeit des Filters in kurzer Zeit schwächen, sondern bald sogar ganz unterbrechen. Um dieses zu verhindern, mufs man von Zeit zu Zeit die obere Lage der Sandschüttung entfernen, und durch eine reine ersetzen. Dieses ist aber bei grofsen Apparaten mit bedeutenden Kosten verbunden, und man hat daher versucht, Vorrichtungen zum Selbstreinigen des Filters anzubringen, oder abwechselnd Strömungen in entgegengesetzten Richtungen darzustellen. Die Erdtheilchen, welche im Wasser schwebten und von demselben in die Zwischenräume des Sandes hineingezogen wurden, bis sie irgendwo nicht weiter dringen konnten und stecken blieben, verhindern nämlich die Bewegung des Wasser nur in dessen bisheriger Richtung, sobald aber eine Strömung von unten nach oben eintritt,

werden sie auf demselben Wege entfernt, auf dem sie eingedrungen waren.

Diese Einrichtung hat unter Andern der Ingenieur Thom zu Rochdale in Ausführung gebracht. *) Er erbaute drei Filtrir-Bassins, 50 Fuſs lang, 12 Fuſs breit und 8 Fuſs hoch, die so eingerichtet waren, daſs das zu filtrirende Wasser beliebig von oben oder von unten eingeleitet werden konnte. Das Sandbette, bestehend aus feinem, gehörig ausgewaschenem Kiessande, hatte eine Höhe von 4 Fuſs, darin befand sich auch Knochenkohle, um dem Wasser die braune Färbung und den unangenehmen Beigeschmack, der von seiner Ansammlung in Moorgegenden herrührte, zu benehmen. Das so gereinigte Wasser war vollkommen klar, farblos und von reinem Geschmacke. Mit der Zeit wurde indessen die Wirksamkeit des Filters geschwächt. Alsdann verschloſs man die Ableitungsröhre am Boden des Bassins, und lieſs das Wasser nicht mehr von oben, sondern von unten eintreten, und zwar unter einem etwas verstärkten Drucke. Es quoll alsdann sehr trübe an der Oberfläche des Filters hervor. Man leitete dieses durch eine besondere Oeffnung ab, und die Reinigung ging so schnell von statten, daſs schon nach wenig Minuten wieder klares Wasser folgte, worauf die Richtung des Stromes aufs Neue verändert wurde, und das Filter in gewöhnlicher Art wirkte. Dasselbe zeigte sich anfangs auch recht kräftig, doch sagt Thom selbst, daſs man hierdurch die Wirksamkeit keineswegs für beständig sichern könne, vielmehr müsse das Sandbette von Zeit zu Zeit erneut werden. Nichts desto weniger meint er, daſs dennoch die Unterhaltung wohlfeiler, als bei der gewöhnlichen Einrichtung sei.

Diese Erwartung ist wohl nicht in Erfüllung gegangen. Schon früher untersuchte eine Commission, deren Mitglied Telford war, einige Filtrir-Apparate ähnlicher Art, und berichtete darüber nicht vortheilhaft. Namentlich hatte sie gefunden, daſs die aufwärts gerichtete Strömung das ganze Sandbette in Bewegung setzt, und es so in Unordnung bringt, daſs später der Sand in die Unterlage dringt. Die Commission spricht die Ansicht aus, daſs alle Versuche zur Darstellung entgegengesetzter Strömungen in den Filtrir-Apparaten theils unwirksam und theils mit andern Nachtheilen verbunden, aber jedenfalls sehr kostbar sind. **)

*) *Annales des ponts et chaussées*, 1831. I. *p.* 222.

**) *Life of Telford.* London 1838. *p.* 645.

Um an einem Beispiele die erwähnte Einrichtung näher zu beschreiben, wähle ich die Filtriranstalt, die man bei Couchin ohnfern Cherbourg erbaut hat, um das Wasser der Divette, bevor es nach dem Arsenale und der Stadt Cherbourg geleitet wird, zu reinigen. Fig. 83*a* Taf. VI zeigt den Durchschnitt durch die Mitte des Gebäudes und Fig. 83*b* den Grundrifs in der Höhe der Sohle des Zuleitungscanals. Dieser Zuleitungscanal *AB* führt das zu reinigende Wasser nach dem Filter *C*, worauf es in die beiden Bassins *D* und *E* tritt. Letztere stehn durch die überwölbte Oeffnung *F* unter dem erwähnten Canale mit einander in Verbindung und speisen die Röhrenleitung *G*. Das Filter befindet sich in einem gemauerten Bassin. Auf sieben Unterlagen, die der Länge nach durchreichen, liegen die Roststäbe, welche den groben Kies tragen, auf letzteren ist feinerer Kies und darüber Sand geschüttet. Mit dem Raume unter dem Filter steht eine gufseiserne Röhre *I* in Verbindung, die am Boden des Zuleitungscanals dicht vor dessen Ausmündung abgeht, demnächst aber auch zwei kurze Röhren *H*, die zu den Bassins *D* und *E* führen. In den obern Theil des Filters, oder über dem Sandbette mündet der Zuleitungscanal, ferner die beiden kurzen Röhren *K*, welche die Verbindung mit den Bassins *D* und *E* darstellen und endlich die Röhre *L*, welche den Anfang der Röhrenleitung *G* bildet. Wenn das Filter von unten gespeist wird, so ist das Schütz *B* an der Ausmündung des Zuleitungscanals geschlossen und die Röhre *I* geöffnet, wodurch das trübe Wasser unter den Rost tritt. Indem zugleich die beiden Röhren *H* geschlossen sind, so mufs das Wasser von unten nach oben das Filter durchdringen, und fliefst durch die Röhren *K* nach den beiden Reservoiren *D* und *E*, oder unmittelbar durch die Röhre *L* nach der Leitung ab. Im entgegengesetzten Falle, wenn der Wasserstand im Zuleitungscanale niedriger wird, so mufs das Filter von oben gespeist werden, weil man sonst nicht den nöthigen Druck darstellen könnte, um das Wasser hindurchzutreiben. Die Röhre *I* wird alsdann geschlossen und dagegen das Schütz *B* geöffnet. Ferner schliefst man die Oeffnungen *K* und die Röhre *L*. Sobald das Wasser unter dem Roste anlangt, fliefst es durch die Oeffnungen *H* in die Reservoire *D* und *E* und aus diesen durch die beiden Mündungen *M* in die Röhrenleitung *G*. Durch die beiden Röhren *M* kann man auch die Reservoire entleeren, falls sie bei der Umkehrung der Strömung mit trübem Wasser ge-

sind, oder falls das Filter wegen Reparaturen aufser Thätigkeit
t wird.

In den von Fonvielle angegebenen Filtern, die mehrfach in
kreich angewendet sind, findet gleichfalls die Reinigung durch
ärts gerichtete Strömung statt. Dieselben unterscheiden sich
gsweise von den sonst üblichen durch den übermäfsigen
ck, unter dem sie wirken und der nach einzelnen Versuchen
00 Fufs und darüber gesteigert ist, wodurch die Ergiebigkeit
500 Cubikfufs für den Quadratfufs in 24 Stunden erreicht sein soll.
nscheinlich läfst sich dieser Druck, der wahrscheinlich durch Com-
ion der Luft erzeugt wird, nicht bei grofsen Bassins darstellen,
hr nur in eisernen Gefäfsen, die nur 6 bis 8 Quadratfufs Ober-
hatten. — Dabei mag sogleich bemerkt werden, dafs man in
r Zeit auch vorgeschlagen hat, die Wirksamkeit der Filter
ch zu verstärken, dafs man unter der Schüttung die Luft ver-

Wenn man eine Wasserleitung mit Flufswasser speist und dieses
n will, so kann man die Sandablagerungen, welche gemeinhin
dem Flufsbettte liegen, als natürliche Filter benutzen, und
ügt schon, eine Vertiefung darin zu bilden und selbige auszu-
n, weil das zudringende Wasser beim Durchgange durch den
filtrirt wird. Diese Reinigung, welche eigentlich bei allen Brun-
attfindet, die in sandigem Boden das Grundwasser sammeln,
an mehrfach auch zum Filtriren gröfserer Wassermengen be-
und namentlich ist dieses bei Glasgow geschehn. Am Ufer
lyde, und zwar in einer vortretenden Sandbank, wurden, wie
ews angiebt, etwa 30 Stück cylindrische horizontale Röhren
Fufs lichtem Durchmesser und in 33 Fufs Abstand von ein-
in Ziegeln, jedoch ohne Mörtel ausgeführt und mit Kies und
Sande beschüttet. Diese Röhren oder Gewölbe standen sämmt-
it einer querlaufenden Gallerie in Verbindung, welche die gufs-
Sangeröhre der Dampfmaschine speiste. Der Erfolg ent-
freilich Anfangs nicht den Erwartungen, und zwar trat der
tand ein, dafs eine Menge Sand in die Pumpen kam. Nichts
weniger ist dieses Verfahren doch beibehalten worden und
rähnte Uebelstand scheint auch beseitigt zu sein. Dagegen
te man bald, dafs das Wasser, obwohl es Anfangs in hin-
ler Menge eingedrungen war, abnahm, indem dieses natür-

liche Filter sich ebenso wie die künsilichen verstopfte. Man mufste daher eine weitere Ausdehnung der Leitungen vornehmen, um den Bedarf an andern Stellen zu sammeln. Dieser Umstand war vorzugsweise Veranlassung, dafs man bei Greenock die abwechselnde Strömung in dem Filtrirapparate einrichtete.

Wenn man die Sandschellen neben dem Flufsbette zum Filtriren des Wassers benutzt, so kann man kaum erwarten, dafs nicht auch hier die Oberfläche, durch welche das Wasser in den Sand eintritt, sich nach und nach mit Schlamm versetzt und dadurch die Wirksamkeit schliefslich aufhört. Nichts desto weniger ist in diesem Falle die Ausdehnung der Sandmasse, und namentlich der vom Flusse berührten Oberfläche, viel gröfser, als bei allen künstlichen Filtern, und es ist daher im Allgemeinen wohl anzunehmen, dafs die Sperrung der Zwischenräume hier viel langsamer vor sich geht. Von grofser Wichtigkeit sind dabei aber die im Flufsbette eintretenden Veränderungen, und am vortheilhaftesten ist es gewifs, wenn die Sandschelle zu Zeiten abbricht, zu Zeiten aber wieder anwächst, weil in diesem Falle der Strom selbst die Beseitigung der verunreinigten Schichten und deren Ersetzung durch andre veranlafst. Andrerseits wird aber das Filter ganz unbrauchbar, wenn Thonschichten auf und neben dem Sandfelde sich ablagern sollten. Endlich kommt die Entfernung des Sammelbassins oder des künstlichen Quelles vom Flusse in Betracht, und ebenso die Höhenlage des Wasserspiegels in demselben. Je tiefer man diesen durch die Pumpen senkt und je näher das Bassin am Flusse liegt, um so kräftiger dringt das Wasser hinzu, oder um so schneller filtrirt dasselbe. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich auch, den Bassins eine grofse Ausdehnung in der Richtung des Flusses zu geben, wenn man bedeutende Wassermassen gewinnen will. Nur die äufsere Oberfläche der dazwischen befindlichen Sandablagerung bewirkt die Filtration, dieselbe mufs also möglichst vergröfsert werden, und die Ergiebigkeit wird daher nicht vermehrt, wenn man das Bassin landwärts, also normal gegen die Richtung des Flusses verlängert.

Bei diesen natürlichen Filtern rühmt man noch, dafs das Wasser unabhängig von der Temperatur des Flufswassers, die Wärme des Erdbodens annimmt, also im Sommer sich abkühlt und im Winter sich erwärmt. Es ist jedoch kaum zu erwarten, dafs bei kräftiger Filtration diese Ausgleichung dauernd erfolgen möchte, vielmehr

die Sandmasse nach und nach die Temperatur des hindurch-
den Wassers annehmen.

s wenigen Erfahrungen über Filter dieser Art, die zum Theil
n Erwartungen nicht entsprachen, haben bisher noch nicht
ges Vertrauen dafür erweckt, noch auch zu allgemein gül-
chem Schlufsfolgen berechtigt. D'Aubuisson hat in dem oben
ten Aufsatze*) über die Wasserleitung zu Toulouse das
, worauf die Filter eingerichtet wurden, und die dabei ge-
Erfahrungen sehr sorgfältig und vollständig beschrieben.
ht oberhalb des Maschinengebäudes befindet sich am linken
r Garonne neben der Straße Dillon eine ausgedehnte Kies-
reiche zur Darstellung der Filter benutzt ist. Fig. 84 zeigt
Sie besteht größtentheils aus Kies und Sand, doch finden
in auch größere Geschiebe und hin und wieder thonige
hläge. An der Stelle, wo das Filter I angelegt wurde,
n versuchsweise eine Grube ausgehoben und die Wasser-
quellen, die hineindrang. Man erwartete hiernach, daſs ein
n 105 Fuſs Länge und 73 Fuſs Breite, das bis 3½ Fuſs un-
niedrigsten Wasserstand der Garonne herabreicht, die ver-
200 Wasserzoll geben würde. Obgleich die Schlufsfolge nicht
ber war, auch sogleich in Zweifel gestellt wurde, so kam
chlag dennoch zur Ausführung, und mit der Darstellung des
wurde der Anfang gemacht. Eine gufseiserne Röhrenleitung
as angesammelte Wasser vom Punkte *A* über *B* und *D* nach
schinengebäude *C*. Als man zu pumpen anfing, zeigte es
ſs das Resultat bedeutend unter dem erwarteten blieb, man
rchschnittlich kaum 60 Wasserzoll, aber das Wasser war
d blieb auch klar, wenn die Garonne sich stark trübte. Um
üsse zu vermehren, gab man darauf dem Filter eine Aus-
; von 344 Fuſs und schloſs es zugleich mit Deichen ein, um
hste Wasser davon abzuhalten. Die Zunahme der Wasser-
ntsprach jedoch keineswegs dieser Verlängerung und betrug
0 Zoll, so daſs man immer noch nicht die Hälfte von dem
as man brauchte. Der Grund von der geringen Ergiebigkeit
längerung des Filters lag augenscheinlich darin, daſs die zuerst
e Strecke schon ringsum das Wasser angesogen hatte und

*) *Annales des ponts et chaussées*, 1838. S. 273 ff.

man also bei der weiteren Fortsetzung nicht mehr den sta
näfsten Boden, wie das erste Mal, antraf.

Bald zeigte sich ein zweiter Uebelstand. Das filtrirt
war Anfangs rein und klar, im zweiten Jahre bildete sich
ker Pflanzenwuchs in dem offenen Bassin und das Was
schon einigen Beigeschmack an. Im dritten Jahre vergröf
das Uebel auf eine sehr unangenehme Art, woran name
grofse Hitze Schuld war. Die Pflanzen vegetirten aufs üp
dem Bassin, und ihre Beseitigung war unmöglich. Frösch
dere Thiere fanden sich in grofser Anzahl ein, und inden
starben und faulten, wurde das Wasser in dem folgenden J
unbrauchbar. Eine Aenderung der ganzen Einrichtung w
dringend nöthig, das Filter mufste überdeckt werden. Auf
son's Rath wurde dasselbe so gut wie möglich gereinigt
Boden ein überwölbter Gang in gebrannten Steinen, jedoch
nen Fugen, ausgeführt, worin das Wasser sich ansamme
Zur Seite desselben und darüber brachte man eine Schü
grofsen Steinen an, die beinahe die ganze Höhe der A
füllte. Ueber diese schüttete man kleinere Steine, dann
endlich trug man die Deiche wieder ab und füllte mit de
woraus sie bestanden, die Vertiefung vollends aus. So w
sprüngliche Oberfläche wieder hergestellt und konnte in i
zen Ausdehnung als Viehweide benutzt werden. Eine B
gung des Filters, die früher nothwendig gewesen war, w
durch entbehrlich, doch führte bei *A* eine Treppe herab
hier aus konnte man den Zustand und die Wirksamkeit d
jederzeit beobachten. Die Resultate dieser Aenderung war
befriedigend. Das Wasser nahm seine frühere Klarheit un
wieder an und hat dieselbe seitdem behalten. Selbst wä
heifsesten Zeit erreicht es keine höhere Temperatur als etw
Réaumur, und im Winter 1830, nachdem es 25 Tage hindu
gefroren hatte, zeigte es noch 6 Grade über dem Gefrierpun
gesammten Kosten für die Anlage und die Abänderung
Filters beliefen sich auf 44700 Francs, doch meint d'Aubui
es für die halbe Summe sogleich in seiner letzten Gestalt
gerichtet werden können.

So günstig das erreichte Resultat in gewisser Beziehu
so genügte es doch nicht, denn man brauchte 200 Wasser

a noch nicht 100. Statt auf dem bereits mit Glück ver-
ege weiter fortzufahren, schenkte die städtische Behörde
nnenmacher ihr Vertrauen, der die Ausführung einer Reihe
rorschlag, die mit einander in Verbindung gesetzt werden
Ob man solche Brunnen, oder eine zusammenhängende
ante, konnte im Wesentlichen keinen Einfluſs haben, nur
i vermehrten sich durch diese Aenderung. Das erste Filter
schnittlich 15 Ruthen vom Strome entfernt, und die Er-
atte gezeigt, daſs dieses genügte. Es blieb ungewiſs, ob
erung in dieser Beziehung vortheilhaft sein würde, und da
s voraussetzte, so verlegte man das neue Filter, wie die
gt, zwischen *D* und *E* in einen Abstand von etwa 3 Ruthen
se. Im Anfange des Jahres 1827 wurde dieses Project
. Auf eine Länge von 24 Ruthen wurden, nachdem ein
ier eröffnet war, 11 Brunnen versenkt, deren oberer Rand
ſs unter dem Boden lag. Man verband sie unter einander
eiserne Röhren, bedeckte sie mit gusseisernen Platten und
ete Alles mit Kies. Das Wasser dieses zweiten Filters
sich bei *D* mit dem des ersten und beide wurden zusam-
den Pumpen geführt. Die Kosten dieser neuen Einrich-
fen sich auf etwa 27000 Francs, die Resultate waren aber
Beziehung befriedigend. Man gewann nicht mehr als 60
stens 80 Wasserzoll, und das Wasser hatte einen modrigen
k, weil die Brunnen zum Theil in schlammigem Boden
waren. Das Uebelste war aber, daſs das Wasser immer
ie Temperatur des Flusses annahm und zwischen 17 und
Réaumur wechselte. Die groſse Wärme verursachte wie-
eich der Zutritt der Luft und des Lichtes abgeschlossen
en starken Pflanzenwuchs und zwar von feinen Wasser-
die man durch dichte Drahtgewebe von den Leitungsröh-
alten suchte, die aber wegen ihrer Feinheit dennoch das
nit kaum sichtbaren Fäden verunreinigten. Ein anderer
d war, daſs die Röhren bei der geringen Strömung, die in
ttfand, und bei der höheren Temperatur stark rosteten.
gehalt des Wassers färbte auch den Marmor in den Bas-
Springbrunnen und flieſsenden Brunnen. So hatte dieses
ter in keiner Beziehung den Erwartungen entsprochen, man
auch eingehn lassen, doch waren einige Stimmen dafür, es

noch beizubehalten und nur die eisernen Röhren durch stein ersetzen.

Die Anlage eines dritten Filters war nicht zu umgeh Anfange des Jahres 1829 legte man dasselbe an, und gab ih nur die nöthige Ausdehnung, um den noch fehlenden Bed 40 bis 50 Wasserzoll zu decken, sondern richtete es so ei es 160 Zoll lieferte, und man also für den gewöhnlichen G das zweite Filter entbehren konnte. Man berücksichtigte bei Darstellung nur die Erfahrungen, die man beim ersten Filter g hatte. Es ist von *F* bis *G* 66 Ruthen lang, 8 bis 13 Ruth Strome entfernt, und seine Sohle liegt 3 Fuſs 8 Zoll unter d drigsten Wasserstande. Fig. 85 zeigt das Profil dieses Filter Canal, worin sich das Wasser ansammelt, ist 4 Fuſs 9 Zo und 1 Fuſs 11 Zoll weit, man kann also noch hineingehn nöthigen Reinigungen vornehmen. Die Seitenmauern beste Ziegeln, die ohne Mörtel nur im Verbande übereinander gele und Steinplatten überdecken die Oeffnung. Der Raum zur S mit Steinen ausgefüllt. Darüber ist 2 Fuſs hoch grober K schüttet und das Ganze bis zur ursprünglichen Höhe mit S deckt. Um einen festen Rasen darüber zu bilden, wurde Gras-Samen ausgestreut.

Das Wasser dieses dritten Filters kann bei *B* mit dem de vereinigt werden, es kann aber auch über den Punkt *K* be zum Maschinengebäude gelangen. Castel machte später noch vortheilhafte Abänderung, daſs er unter der letzten Zuleitung i überwölbten Canale das Wasser des zweiten Filters von *D* in das Unterwasser des Betriebsgrabens führte. Hierdurch möglich, ohne daſs man eine künstliche Ausschöpfung vo darf, die beiden Filter I und II trocken zu legen. Man ka auch das Wasser des Filters III nach dem Unterwasse und sonach entweder alle drei Filter oder jedes einzelne d beliebig reinigen, während die andern die Pumpen speise Wasser dieses dritten Filters ist, so lange die Garonne i Bette bleibt, vollkommen rein und klar, nur wenn sie die S überströmt und dabei sehr trübe ist, so wird das hier filtrir ser auch etwas getrübt. In dieser Zeit ist aber das erste Fil ergiebig, auf welches der hohe Wasserstand nur wenig Einfl Man läſst alsdann das Wasser des dritten Filters gar nicht

se gelangen, sondern leitet es in das Unterwasser. Ein andrer
stand ist der, dafs sich auch hier zum Theil jene feinen Pflänz-
n bilden, von denen beim Filter II die Rede war. Das dritte
r nebst der Leitung nach dem Unterwasser kostete 68000
cs.

Im Ganzen kann man die Anlage dieser Filter als gelungen
en. Der Bedarf war überreichlich gesichert, und man kann
e Unterbrechung des Dienstes die von Zeit zu Zeit nöthig wer-
n Reinigungen vornehmen. Das Wasser ist auch vollkommen
, und selbst, wenn die Garonne in eine Schlammasse verwan-
n sein scheint, behält es seine volle Reinheit. Besonders wich-
t eine Bemerkung von d'Aubuisson, die in wörtlicher Ueber-
ng lautet: „Ich füge hinzu, dafs man seit der Benutzung un-
r Filter, und dieses ist für das erste seit 14, für das zweite seit
und für das dritte seit 9 Jahren, keine Abnahme in der Güte
Menge des Wassers bemerkt hat. Die Beschaffenheit desselben
sich sogar verbessert, und was die Quantität betrifft, so wieder-
ich, dafs man kein Zeichen einer Abnahme wahrgenommen hat,
Dienst geschieht heute noch ebenso wie im Anfange."

Schliefslich ist aber noch zu erwähnen, dafs man für den mög-
en Fall eines Abbruches der Sandbank, worauf die Filter liegen,
n zum Voraus die Projecte zu künstlichen Filtern entwor-
hat.

Es bleibt noch übrig, von der Einrichtung der gewöhnlichen
ltrirbassins zu sprechen, wobei das zu reinigende Wasser das
stliche Filter beständig in der Richtung von oben nach
ten durchströmt. Diese Anordnung, welche in gewisser Bezie-
g die einfachste ist, wird am häufigsten angewendet, und die
fen Vortheile, die sie gewährt, bestehn darin, dafs die verschie-
n Schichten des Filters am wenigsten vom Wasser in Unordnung
acht werden, und man überdies Gelegenheit hat, die Nieder-
läge, die das Wasser im feinen Sande absetzt, sobald es nöthig
, zu entfernen und dadurch die dauernde Wirksamkeit des Filters
sichern. In früherer Zeit, wo man von dem Grundsatze ausging,
s das Wasser zuerst durch groben, alsdann durch feinen Kies
d zuletzt durch Sand geführt werden müsse, um sich zuerst der
beren und dann der feineren Stoffe zu entledigen, konnte der
te Vortheil nicht erreicht werden, weil die Sandschicht, die sich

immer zuerst versetzt und alsdann die Durchströmung hindert, versteckt liegt, dafs bei einer vorzunehmenden Reinigung das ganze Bette ausgehoben werden mufs. Durch einige Ruhe, die man dem Wasser vor seinem Eintritt in das Filter giebt, kann man indessen die gröbsten Stoffe schon entfernen, und jedenfalls ist der feine Sand allein genügend, um die Filtrirung zu bewirken. Es kommt nur darauf an, ihn so sicher zu lagern, dafs er weder durch die unmittelbar darauf gerichtete Strömung aufgespühlt, noch auch in die Ableitungsröhren geführt wird. Um die erste Bedingung zu erfüllen, bemüht man sich, die Strömung möglichst zu mäfsigen. Man läfst das Wasser durch mehrere Oeffnungen und mit sehr geringem Gefälle in flache Rinnen über die Sandschüttung treten, wodurch starke Vertiefungen vermieden werden. Die andere Bedingung glaubt man aber dadurch zu erfüllen, dafs der feine Sand auf gröberem, und dieser auf Kies und Steinen liegt, so dafs die nach und nach zunehmende Erweiterung der Zwischenräume eine Vermischung der Schichten und ein tiefes Eindringen des Sandes verhindert. Der letzte Zweck wird hierdurch aber nicht vollständig erreicht, dagegen gelingt es, durch eine schwache Lage flacher und dünner Körner den Sand sicherer zurückzuhalten, ohne dafs dem Wasser der Durchgang gesperrt wird.

Es ist bereits oben (§. 7) erwähnt worden, dafs der trockne Sand und ebenso auch der Sand, der in Wasser geschüttet wird, eine bestimmte Neigung in den Seitenflächen annimmt. Dieses geschieht auch noch, wenn er nicht vom Wasser bedeckt ist, sondern dasselbe ihn vielmehr von oben nach unten oder seitwärts durchdringt. Man nehme eine Röhre, etwa den Glas-Cylinder einer Lampe, und befestige dieselbe so, dafs ihr unteres Ende ungefähr einen halben Zoll über einer horizontalen Glastafel schwebt. Schüttet man alsdann sehr vorsichtig Sand hinein, so wird derselbe nicht nur die Röhre füllen, sondern, wenn er ganz trocken ist, auch einen abgestumpften Kegel darunter bilden. Die obere Grundfläche desselben ist die untere Oeffnung der Röhre und seine untere Grundfläche stellt sich als Kreis auf der Glasscheibe dar, und zwar bestimmt sich die Gröfse dadurch, dafs die Seiten des Kegels 30 bis 36 Grade gegen den Horizont geneigt sind. Nunmehr tröpfele oder giefse man Wasser in den Cylinder, jedoch so langsam, dafs nicht ein heftiger Druck gegen den Sand ausgeübt, noch auch eine zu starke Strömung

[illegible] wird. Das Wasser durchsieht alsdann den Sand, und sobald [illegible] untern Kegel erreicht hat, so verwandelt dieser sich in Trieb- [illegible] und breitet sich zu einem viel flacheren Kegel aus. Nichts [illegible] weniger gestaltet er sich wieder regelmäßig, und das ferner [illegible]dringende Wasser bringt in ihm keine weitere Veränderung [illegible]vor. Selbst auf der glatten Glastafel wird außer dem Sande, [illegible] wegen der unvollständigen Benetzung auf dem Wasser schwimmt, [illegible] der gleich Anfangs abgespült wird, kein Sandkörnchen weiter [illegible]gt. Die untere Grundfläche ist ringsumher scharf begrenzt, [illegible] sie sich auch stellenweise von der Kreisform bedeutend ent- [illegible], indem die Doesirungen zufällig bald steiler und bald flacher [illegible]. Dieselben sind nunmehr durchschnittlich 18 Grade gegen [illegible]Horizont geneigt, doch beträgt ihre Neigung in einzelnen Fällen [illegible] nur 12 Grade, woher man annehmen darf, daſs eine flachere [illegible]ung, als von 5facher Anlage sich niemals bildet. Sobald der [illegible]el beim ersten Durchfließen des Wassers solche Gestalt ange- [illegible]men hat, so tritt später keine Veränderung darin ein, wie lange [illegible] die Durchströmung fortgesetzt wird. Kein einziges Sandkörn- [illegible] wird ferner in Bewegung gesetzt.

Die Erscheinung ändert sich freilich, wenn der Abstand des Cylinders von der Scheibe sehr groſs ist, weil alsdann der Sand durch den untern Rand des Cylinders nicht hinreichend gestützt wird. Als ich letzteren 8 Linien über der Scheibe schweben ließs, war Anfangs der Erfolg noch derselbe, wie früher, und die Durchströmung geschah, ohne daſs der Sand sich bewegte. Sobald aber die Druckhöhe des Wassers im Cylinder bis auf 6 Zoll zunahm, kam plötzlich die ganze Masse in Bewegung und aller Sand wurde fortgespült.

Der erwähnte Versuch berechtigt zu der Annahme, daſs man das Durchfallen des feinen Sandes sehr sicher verhindern kann, wenn die Unterlage desselben Gelegenheit bietet, daſs unter allen Fugen die fünffache Anlage oder die fünffüſsige Böschung sich bilden kann. Mittelst drei Lagen hart gebrannter flacher Steine oder Fliesen ist dieses sehr leicht zu erreichen, indem die Stoſsfugen der obern Lage durch die Steine der zweiten gedeckt, und an den Punkten, wo beide zusammentreffen, jedesmal die Mitte eines Steines der untern Lage sich befindet. Es dürfte vortheilhaft sein, die Steine nicht mit ebenen Oberflächen zu formen, diese vielmehr oben oder

unten mit flachen Rinnen von 1 bis 1½ Linien Tiefe zu ver damit das filtrirte Wasser zwischen zwei Lagen frei abfliefsen k Sollte zufällig neben der obern Stofsfuge an einer Stelle der Ab beider Schichten 2 Linien betragen, so würde der darunter be liche Stein schon hinreichende Gröfse haben, wenn er auch nur 2 breit wäre. Hiernach haben jedenfalls Fliesen von 4 oder 6 Zo Quadrat schon genügende Ausdehnung, um das Hindurchtreiben Sandes sicher zu verhindern.

Versuche dieser Art sind im Grofsen noch nie gemacht wo wiewohl der Vorschlag von Telford, eine dünne Lage flache schelschalen unter die Sandschüttung zu legen, augenscheinlich mit in naher Beziehung steht. Telford erklärt diese Vorsicht für geboten, wenn man das Fortführen des Sandes sicher verh will *). Der Unterschied zwischen diesem Vorschlage und der stehenden besteht nur darin, dafs nach Ersterem die erford Ueberdeckung der Stofsfugen dem Zufalle überlassen, nach aber sehr sicher künstlich dargestellt wird.

Das übliche Verfahren, wonach man aus verschieden Material eine Anzahl von Schichten bildet, die sich 8 bis 1 über die Canäle erheben, durch welche das filtrirte Wasser a ist dagegen mit den wesentlichsten Nachtheilen verbunden Durchfallen des feinen Sandes, der die obere Lage bildet, un die Filtration bewirkt, wird nur dadurch etwas erschwert, d ihn auf gröberem Sande, diesen auf feinem Kiese und so for läfst, so dafs das Material nach unten immer gröber wird. durch läfst sich aber nicht verhindern, dafs die Strömung Körnchen fafst und weiter herab führt. Einen augensche Beweis dafür, dafs dieses wirklich und zwar nicht nur beim Anfüllen des Filters, sondern auch später geschieht, dürfte die Luft-Blasen liefern, die man vielfach aufsteigen sieht, zuweilen sogar die Schüttung aufbrechen sollen, zu deren Al man in England auch hölzerne Röhren benutzt, die bis üb Wasserspiegel hinaufreichen, und bis zu den groben Stein abgehn. Diese Luftentwickelung erklärt man gemeinhin eine Gasbildung, welche durch die chemische Einwirkun im Wasser schwebenden fremden Substanzen auf den Sa

*) *Life of Telford. pag.* 645.

Steine veranlafst werden soll. Die Ursache ist aber wohl einfacher und naturgemäfser darin zu suchen, dafs der Sand durch die Strömung herabgeführt wird und die dadurch entstehenden leeren Räume sich mit der Luft anfüllen, welche von unten her zwischen den Steinen und dem Kiese frei aufsteigen kann. Indem aber die Kiesschüttung und selbst die Steinschüttung nach und nach durch den herabfallenden Sand immer mehr angefüllt wird, so gewinnt dadurch die Sandschüttung an Mächtigkeit und im umgekehrten Verhältnisse vermindert sich die Ergiebigkeit des Filters. Man mufs also, um das erforderliche Wasserquantum zu erhalten, den Filtrirbassins gröfsere Ausdehnung geben, als wenn man durch passende Anordnung das Hindurchtreiben des Sandes verhindert hätte. Endlich wird durch die übliche hohe Sand- und Kiesschüttung auch ein bedeutender Theil der Steighöhe des Wassers verloren, und die Pumpen müssen um so kräftiger sein.

Nachdem vorstehend die Einrichtung grofser Filtrir-Anstalten im Allgemeinen angedeutet ist, mag hier die Beschreibung einer solchen, und zwar der neben den Wasserwerken von Chelsea bei London befindlichen mitgetheilt werden. Es ist dieses eine der wenigen, worin man das Durchfallen des Sandes dadurch zu verhindern gesucht hat, dafs unter demselben eine Schicht Muschelschalen ausgebreitet ist, woher die darunter befindlichen Kies- und Steinlagen etwas schwächer als gewöhnlich werden durften.

Eine Dampfmaschine hebt das Themsewasser in zwei gemauerte Bassins, jedes von zwei Morgen Flächeninhalt. Indem das Wasser hier in Ruhe kommt, läfst es die gröbsten Unreinigkeiten zu Boden fallen, und fliefst in der Nähe der Oberfläche durch kurze Canäle nach den Filtern. Zufluſs und Abfluſs werden dauernd unterhalten, so dafs ein vollständiger Stillstand des Wassers nicht eintritt. Die Niederschläge füllen indessen die Bassins mit der Zeit stark an, wodurch endlich eine Reinigung nöthig wird. In diesem Fall wird das eine Bassin aufser Thätigkeit gesetzt.

Zum Filtriren sind gleichfalls zwei Bassins eingerichtet, von denen das gröfsere 348 und das kleinere 237 Fufs lang ist, beide sind 178 Fufs breit. Ihr Boden besteht 18 Zoll hoch aus einem festen Lehmschlage, die Seitenmauern sind 12 Fufs hoch, durch Strebepfeiler gestützt, und lehnen sich an Umwallungen, die mit Rasen bedeckt sind. In beiden Filtrirbassins befinden sich parallel

zu den Längen-Achsen derselben gemauerte cylindrische Canäle, nämlich im längeren liegen 9 und im kürzeren 11 solche neben einander, wie Fig. 86, Taf. VII zeigt. Sie sind ungefähr 2 Fuſs weit, aus doppelten Lagen von besonders geformten Steinen mit weiten Fugen ausgeführt, so daſs das Wasser ringsum frei eintreten kann. Eine Lage von kleinen Steinen und grobem Kiese umgiebt sie, und überdeckt sie noch einige Zoll hoch. Hierauf ruht die 6 Zoll hohe Lage Muschelschalen. Alsdann folgt gröberer und zuletzt sehr feiner Sand. Die ganze Stärke der Sandschicht beträgt 5 Fuſs. Alle diese Schichten sind, auſser einer geringen Neigung nach der Länge, auch nach der Breite der Filter nicht horizontal, sondern wellenförmig abgeglichen, so daſs sich zwischen den Canälen vertiefte Furchen bilden. Der Zweck hiervon ist, das Wasser gleichmäſsig zu verbreiten und zu verhindern, daſs es nicht etwa in einem einzigen Strome über das Filter flieſst, wobei es die Oberfläche angreifen würde. In eine jede der so gebildeten Rinnen wird das Wasser aus dem Zuleitungscanale von den Klärungsbassins durch ein besonderes Ausguſsrohr hineingeleitet, und damit es den Sand der obern Schicht nicht fortspült, so tritt es jedesmal zunächst in eine hölzerne Rinne von 3 Fuſs Länge, 6 Zoll Breite und 3 Zoll Tiefe. Aus diesen flieſst es mit wenig Gefälle in die Sandrinnen. Das Material zu allen Schichten muſs vor dem Gebrauche sorgfältig gewaschen und gereinigt werden.

Indem das Wasser das Filter bedeckt, zieht es sich nicht unbemerkt in den Sand ein, sondern es erfolgt ein Aufwallen, wovon bereits die Rede war. Zum Theil rührt dieses wahrscheinlich davon her, daſs vor dem Eintreten des Wassers der Sand bis zu einer gewissen Tiefe trocknete und seine Zwischenräume sich mit Luft anfüllten. Letztere hatte bei der Ueberdeckung mit Wasser nicht Gelegenheit vollständig zu entweichen, sie blieb also im Sande, und indem sie durch die von unten beim Herabfallen des Sandes noch hinzutretende Luft sich zu gröſseren Massen ansammelt, so verstärkt ihr aufwärts gerichteter Druck sich so sehr, daſs sie endlich bald hier, bald dort die obere Sandschicht durchbricht.

Die Filtration erfolgt allein in dem feinen Sande, der die obere Schicht bildet, doch auch keineswegs in der ganzen Stärke derselben, sondern nur bis zur Tiefe von einigen Zollen und vorzugsweise in der

he selbst. Auf letzterer lagert sich der Schlamm ab, von
se Massen bis etwa einen halben Zoll tief eindringen, wei-
rts wird der Sand nur noch wenig verunreinigt. Wenn
eilen in noch gröfserer Tiefe, nämlich 6 und sogar bis 9
fremdartige Ablagerungen vorgefunden hat, so dürften
l nicht durch den darüber liegenden Sand hindurchgedrun-
ıehr beim Brechen der obern Schichten herabgefallen sein.
ı die Ueberdeckung der Oberfläche und die in die obere
ht eingedrungene Masse die Wirksamkeit des Filters we-
:hwächt und dieselbe schliefslich vollständig aufhebt, so
von Zeit zu Zeit Reinigungen vornehmen. Bei den Was-
von Chelsea geschieht dieses durchschnittlich alle 14 Tage.
alsdann in der ganzen Ausdehnung des Filtrir-Bassins eine
he Sandschicht ab und ersetzt diese sogleich durch eine
e reinen Sandes von gleicher Stärke. Der abgehobene
l alsdann in kleinen Quantitäten in einer hölzernen Rinne
ı, indem man unter kräftigem Umrühren Wasser darüber
st. Wird letzteres nicht mehr getrübt, so ist der Sand
ereinigt und kann demnächst wieder zur Ueberdeckung
benutzt werden.

en erwähnten Wasserwerken erfolgt die Versetzung der
schnellsten, wenn die Themse bei schmelzendem Schnee
ıem Regen anschwillt, während hohe Fluthen keinen merk-
ıfluſs darauf haben.

Bedeutung ist noch die Frage, welche Wassermenge in
ıssin von gegebener Gröfse täglich filtrirt werden kann.
ıben hierüber weichen übermäfsig von einander ab. Der
fs liefert nach manchen Erfahrungen nur 9, nach andern
0 und sogar noch mehr Cubikfuſs. Jedenfalls hängt die
eit von verschiedenen Umständen wesentlich ab. Zunächst
Höhe des Wasserstandes über der Sandschüttung, sodann
Mächtigkeit der letzteren. Diese setzt sich aber noch in
und Steinschüttung fort, wenn die Zwischenräume in die-
lem durchgefallenen Sande sich gefüllt haben. Endlich ist
ermuthen, daſs die Temperatur einen wesentlichen Einfluſs
iltration ausübt.

ıı der Einfluſs dieser verschiedenen Umstände noch nicht

sicher festgestellt war*), so stellte ich einige Beobachtungen an, die wenn sie sich auch nur auf sehr kleine Dimensionen beschränkten, doch zu Resultaten führten, denen man wegen ihrer Uebereinstimmung mit andern Erfahrungen eine allgemeinere Gültigkeit beimessen darf. Man geht gewöhnlich von der gewifs passenden Voraussetzung aus, dafs das Wasser, indem es zwischen den einzelnen Sandkörnchen hindurchfliefst, sich in ähnlicher Weise, wie in engen Röhren bewegt, doch darf man dabei nicht auf horizontale Röhrenleitungen zurückgehn, vielmehr die verticalen berücksichtigen, von denen oben (§. 16) die Rede war. Darcy bemerkte schon, dafs die durch ein Filter hindurchdringende Wassermenge nicht der Quadratwurzel der Druckhöhe, wie man bisher angenommen hatte, sondern der Druckhöhe selbst proportional sei, dafs man daher durch Vergröfserung der letzteren die Ergiebigkeit in höherem Grade vermehren könne, als man gewöhnlich glaubt. Eine wichtige Frage ist es aber, was man bei einem Filter unter Druckhöhe versteht. Der obere Endpunkt dieser Linie ist zwar durch das Niveau des über dem Sande stehenden Wassers augenfällig gegeben, aber das untere Ende derselben liegt nicht in der Oberfläche der Sandschüttung, sondern soweit unter derselben, als das zwischen den einzelnen Sandkörnchen befindliche Wasser eine zusammenhängende Masse bildet, von der einzelne Theile sich nicht lösen und unabhängig von den obern herabfliefsen können. Diese Wassermasse zieht also, wie in der senkrechten Röhre, das in das Filter tretende Wasser herab, und ist daher bei der Bestimmung der Druckhöhe mit zu berücksichtigen. Die untere Grenze der letzteren liegt also jedenfalls nicht höher, als in der Sohle der Schüttung des feinen Sandes. Ob die Zwischenräume des darunter befindlichen groben Sandes auch ausschliefslich mit Wasser gefüllt sind, ist zweifelhaft, da kaum anzunehmen, dafs die ursprünglich darin enthaltene Luft bei eintretender Durchströmung vollständig daraus entfernt und zugleich mit dem Wasser fortgetrieben sein sollte. In der Kiesschicht, und noch mehr in der Steinschicht, ist dieses gewifs nicht vorauszusetzen, vielmehr kann durch die weiten Zwischenräume in denselben das Wasser sich in Adern auf-

*) Mehrere sehr wichtige, an verschiedenen grofsen Filtrir-Bassins angestellte Messungen theilt Darcy mit in dem Werke „*les fontaines publiques de Dijon.*"

unabhängig von einander abfliefsen. Sobald dieses aber
so hängt das Wasser nicht mehr an dem darüber schwe-
d übt darauf keinen Zug aus, woher die Druckhöhe hier
e findet.

ächst lag die Vermuthung nahe, dafs die Capillar-At-
deren Wirkung ich schon bei engen cylindrischen Röhren
ft wahrgenommen hatte, auf die Bewegung des Wassers
Sande einen viel stärkeren Einfluſs ausübt. Hierüber so
ber die Zunahme der Ergiebigkeit bei höherer Tempe-
n noch keine Erfahrungen vor.

and, den ich bei meinen Beobachtungen benutzte, war
und rein ausgewaschener Quarzsand, den die See auf dem
Ufer der Insel Hiddens-Oe ausgeworfen hatte. Derselbe
icht unmittelbar vom Strande, vielmehr von der dahinter
Wiese entnommen. Er war also bei den vorhergegangenen
wa 50 Ruthen weit vertrieben, wobei die gröbern Körn-
geblieben waren und er in den stellenweisen Ablagerungen
grofse Gleichmäfsigkeit zeigte. Die Länge einer Rhein-
Linie nahmen jedesmal 7 bis 8 Körnchen ein, also der
er eines einzelnen maafs etwa 0,13 Linien.

einheit des Sandes läfst sich vielleicht noch sicherer
zeichnen, dafs man ihn in ganz trockenem Zustande in
inem Teller stehenden Glascylinder schüttet, und in den
ıser gieſst. Je feiner der Sand ist, um so höher wird
ı Wasser benetzt. Im vorliegenden Falle erstreckte sich
ıng, die man an der Cylinderwand deutlich wahrnehmen
einer Stelle bis 20 Linien über das Niveau des äufsern
urchschnittlich aber auf sehr nahe 18 Linien.

iltrirversuche wurden mit dem bereits filtrirten Was-
·liner Wasserleitung in einem Messing-Cylinder angestellt,
Zoll Durchmesser hatte. Um dem Sande eine sichere
:u geben, durch welche er nicht hindurchfallen konnte,
dem oben erwähnten Princip Gebrauch gemacht, wonach
·ei Scheiben flache Böschungen sich bildeten, durch welche
austrat. Diese Blechscheiben hatten in ihrer Verbindung
die Höhe von 1 Linie, also jede war 0,2 Linien stark
o weit waren auch die beiden Zwischenräume zwischen
durch schmale Streifen desselben Bleches gebildet waren.

In den beiden obern Scheiben waren in Abständen von 3,2 Linien je 9 Spalten von 0,3 Linien Weite mit einer Säge eingeschnitten. Diese Scheiben wurden an den 2 Linien breiten Rändern so mit einander verbunden, dafs die Spalten sich rechtwinklig kreuzten, also zwischen den beiderseitigen Spalten quadratische Räume entstanden. Die dritte Scheibe war in der Mitte von jedem dieser Quadrate mit einer Oeffnung von 1 Linie Weite versehn. Bis zum Rande dieser Oeffnung konnten also nur Böschungen von 5facher Anlage sich bilden. Um mich zu überzeugen, dafs keine namhafte Sandmasse hindurchfiel, versah ich das Gefäfs, worin das hindurchdringende Wasser sich zunächst ansammelte, vor der Ausflufsmündung mit einer 1 Linie hohen Schwelle, und nachdem ich etwa 5 Stunden hindurch mit dem Apparat experimentirt hatte, waren nur etwa 100 einzelne Körnchen hier aufgefangen.

Es kam noch darauf an, die Sandschüttungen vor Aufwühlungen durch das hineinfliefsende Wasser zu sichern. Zu diesem Zwecke verband ich noch zwei andre durchlochte Scheiben mit einander, von denen jede die in der andern befindlichen Löcher überdeckte. Diese wurden auf die Schüttung gelegt. Um aber die feinen Zwischenräume der Schüttung mit Wasser vollständig zu füllen und das Zurückbleiben der Luft zu verhindern, wodurch unfehlbar das Filtrum stellenweise seine Wirksamkeit verloren hätte, so stellte ich jedesmal den mit trockenem Sande gefüllten Cylinder in ein Gefäfs mit Wasser, so dafs letzteres von unten nach oben in die Schüttung eindringen und vor sich die Luft vollständig heraustreiben konnte.

Zunächst wurde ein halbes Pfund trockener Sand eingeschüttet und in der beschriebenen Art überdeckt und benetzt. Alsdann leitete ich mittelst eines Hebers, dessen Ausflufs-Mündung leicht beliebig gehoben und gesenkt werden konnte, das Wasser darüber. Der aufsteigende Schenkel dieses Hebers war in nahe horizontaler Richtung weit ausgezogen, so dafs sein Ende, dieser Aenderung unerachtet stets unter Wasser blieb. Er schöpfte aber aus einem ausgedehnten Becken, dafs über 6 Quadratfufs Grundfläche hatte, woher der Wasserstand etwa eine Viertel Stunde hindurch sich nicht wesentlich veränderte und daher auch der Zufluſs in den Filtrir-Apparat nicht merklich geringer wurde. Sobald die Zuleitung des Wassers begann nahm der Wasserstand im Cylinder anfangs zu, sobald er aber ungefähr die passende Höhe erreicht hatte, so wurde der Heber so

[illegible] gehoben oder gesenkt, bis das [illegible] Niveau [illegible] auch sich nicht mehr merklich [illegible] Wasserstand sorgfältig gemessen, und [illegible] Minuten nach dem Schlage einer [illegible] einem leichten Blechgefäße [illegible] den Wasserstand [illegible] denselben Umständen [illegible] beiden Blechgefäße [illegible] daraus die in einer Minute [illegible] beide Messungen [illegible] auf 1 Procent mit einander [illegible] ganzen Messung [illegible] die Beobachtungen bei verschiedenen Wasserständen [illegible] einander weit größere Abweichungen.

Nachdem mehrere Messungen dieser Art [illegible] gemacht waren, wurde [illegible] 1 Pfund [illegible] Sandes eingeschüttet, später aber [illegible] Pfund.

Die nachstehende Zusammenstellung enthält die Resultate der [illegible] Beobachtungen. [illegible] die Höhe der Sandschüttung, H die [illegible] des Wasserspiegels über der [illegible] in Rheinländischen Zollen [illegible] durchfließende Wassermenge [illegible] ausgedrückt. In diesen sämmtlichen Messungen [illegible] des Wassers [illegible] und [illegible] Grade Reaumur [illegible] genommen werden. Es wäre noch zu [illegible] des [illegible] in einer [illegible] Messung [illegible] gefunden wurde.

	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible] Resultate mit einander [illegible]

dafs die Wassermenge unter übrigens gleichen Umständen umgekehrt der Höhe der Sandschüttung oder h proportional ist, dafs sie aber bei gleichem h nicht mit der Druckhöhe $h + H$ in constantem Verhältnifs steht, von letzterer vielmehr eine gewisse Quantität abgezogen werden mufs. Die Beobachtungen schliefsen sich also an einen Ausdruck an von der Form

$$h + H = x + Mh \,.\, z.$$

Nach der Methode der kleinsten Quadrate ergab sich

$$x = 1{,}53.$$

Die Capillar-Attraction hebt also sehr genau denselben Theil der ganzen Druckhöhe auf, welcher nach der directen Messung die Höhe bezeichnet, zu der das Wasser in der Sandschüttung ansteigt. Der wahrscheinlichste Werth der durch jeden Quadratzoll der Oberfläche des Filters in 1 Minute hindurchfliefsenden Wassermenge, und zwar in Cubikzollen ausgedrückt, ist

$$M = 0{,}66\,\frac{h + H - 1{,}5}{h}$$

Vergleicht man dieses aus den vorstehend beschriebenen Beobachtungen hergeleitete Resultat unter Einführung der üblichen Höhe der Sandschüttung und des Wasserstandes darüber mit den Wassermengen, welche grofse Filtrir-Bassins liefern, wie Darcy diese zusammengestellt hat, so bemerkt man einen sehr grofsen Unterschied, und zwar stellt sich nach den letzteren die Ergiebigkeit ohne Vergleich viel geringer heraus. Zum Theil erklärt sich dieses dadurch, dafs ich nur filtrirtes Wasser durch den Sand fliefsen liefs, also gar keine Versetzung der Zwischenräume stattfand. Ohne Zweifel haben darauf aber noch zwei andre Umstände wesentlichen Einfluss, nämlich zunächst die sichere Bettung des Sandes und sodann auch seine vollständige Tränkung mit Wasser, also die Beseitigung der, vor dem Eintritt der Strömung, in den Zwischenräumen befindlichen Luft, welche stellenweise die Wirksamkeit des Filters vollständig verhindert, bis sie gewaltsam die darüber befindliche Sandlage durchbricht.

Aufserdem stellte ich einige Beobachtungen mit wärmerem Wasser an, dessen Temperatur 23,5 Grade R. betrug. Hierbei wurde die Ergiebigkeit viel gröfser, nämlich nahe im Verhältnisse von 3 : 2, woher also, wenn man von obigem Ausdrucke ausgeht,

Erwärmung des Wassers um einen Grad eine Steigerung der ebigkeit um nahe 4 Procent veranlafst.

§. 21.

Leitungsröhren von Holz, Stein, Blei und Asphalt.

Nachdem das Wasser angesammelt und nöthigen Falls auch einigt ist, so läfst man es in die Leitungsröhren treten, die es ch seinem Bestimmungsorte führen. Diese Röhren bestehn, wenn Anlage weder eine grofse Ausdehnung, noch sonstige Wichtigkeit , aus Holz, mitunter aus Stein und zuweilen auch aus Blei. Sie d jedoch im letzten Falle so kostbar, dafs man heut zu Tage ht leicht einen langen Röhrenstrang daraus darstellt, doch wird kurzen Verbindungsröhren und schwachen Abzweigungsröhren Blei noch vielfach benutzt, da seine Biegsamkeit eine grofse quemlichkeit bietet. Soll dagegen die Leitung einen gröfsern Ort t Wasser versehn, und ist sie für alle Verhältnisse so wichtig vorden, dafs eine Unterbrechung nicht eintreten darf, so mufs ein terial gewählt werden, welches theils an sich dauerhafter ist, ls aber auch gestattet, alle Nebentheile der Leitung, wie Hähne, tile, Luftspunde und dergleichen mit genauem und sicherm lusse anzubringen. Dieses ist nach den bisherigen Erfahrungen in beim Gufseisen der Fall, und da dasselbe bei der Vervollmmung des Gusses auch in sehr geringer Wandstärke und soh für mäfsige Preise dargestellt werden kann, so wird es gegentig bei wichtigeren Anlagen dieser Art beinahe ausschliefslich tzt. In neuester Zeit sind jedoch mehrfache Versuche gemacht den, dafür Asphalt-Röhren einzuführen, die in Betreff der geringen Kosten häufig empfohlen werden.

Bei sämmtlichen Röhrenleitungen kommt es nicht nur darauf dafs die einzelnen Stücke hinreichend fest sind, um dem stärka Wasserdrucke, dem sie ausgesetzt sein können, zu widerstehn, dafs sie gehörig schliefsend mit einander verbunden werden, dern man mufs aufserdem auch dafür sorgen, dafs der Querhnitt an keiner Stelle weder durch eine Absetzung von Sand und

andern Stoffen, noch auch durch Luft ganz gesperrt oder st verengt werde. Eine Leitung, welche abwechselnd steigt und fä wie Fig. 87 zeigt, ist beiden Uebelständen ausgesetzt. Wenn das W ser in der mit dem Pfeile angedeuteten Richtung in die noch le Leitung tritt, so wird es die Luft vor sich herschieben und diese aus dem ansteigenden Theile entfernen. In dem Scheitelpunkte wird es aber anfangs nur über den Boden fliefsen und sich wei verbreiten und sogar an der tiefsten Stelle bei *B* den ganzen Qu schnitt der Röhre füllen, ohne dafs die an der höchsten Stelle l findliche Luft in dem folgenden Theile der Leitung abwärts ha geführt werden kann. Bei eintretender Hitze dehnt sich die ein schlossene Luft stark aus, und hierdurch erklärt sich die Erscheinu dafs manche Röhrenleitungen unerachtet einer gleichen Höhe im Spei bassin bei kalter Witterung mehr Wasser geben, als bei warm Es erfolgt indessen eine ähnliche und eben so nachtheilige Ansam lung der Luft, wenn die Röhre auch weniger geneigt ist, als n dem gezeichneten Profile, und selbst in nahe horizontalen Strec haften oft die Luftbläschen mit grofser Zähigkeit an der ob Wand der Röhre und verursachen ähnliche Verengungen. Di Luft ist keineswegs allein diejenige, welche ursprünglich die Rö füllte, sondern aus dem Wasser scheiden sich häufig Gase ab, weilen schöpft aber die Mündung der Röhrenleitung mit dem W ser auch Luft. Man mufs dafür sorgen, dafs nicht nur beim er Eintreten des Wassers, sondern auch später die Luft an einze Stellen entweichen kann. Am einfachsten wird dieses dadurch reicht, dafs man auf die Scheitelpunkte senkrechte Röhren, so nannte Luftröhren oder Luftspunde aufstellt, die immer o bleiben. Damit sie aber kein Wasser ausgiefsen, so müssen sie über das Niveau des Speisebassins reichen. Dieses ist oft n leicht, und noch häufiger verbietet eine solche Einrichtung sich durch, dafs man sie an der Stelle, wo sie angebracht werden so vor zufälligen und muthwilligen Beschädigungen nicht gehörig sic kann. Von andern Vorkehrungen zu demselben Zwecke wird sp die Rede sein.

Wenn erdige Theilchen im Wasser enthalten sind, so schl dieselben vorzugsweise an den tiefsten Stellen wie bei *B* ni Obwohl ein solcher Niederschlag auch nur langsam erfolgt, so er mit der Zeit doch nachtheilig werden, und man mufs daher

tel sorgen, um einer zu grofsen Ausdehnung desselben vorzu-
gen. Dieses geschieht entweder durch die Anbringung sogenann-
Wechselhäuschen oder Schlammkasten, oder durch Aus-
fsröhren. Jene sind kastenförmige Erweiterungen der Röhren-
ung, die an den Seiten und am Boden wasserdicht und mit den
- und ausmündenden Röhren fest verbunden sind. Indem das
asser in sie hineintritt, so durchströmt es sie mit geringerer Ge-
windigkeit, und läfst daher die erdigen Theilchen fallen. Auf
iese Art sammelt sich der Niederschlag, der sonst die Röhre zum
heil sperren würde, in den Kasten an, dieselben reichen aber so
ef unter die Röhren herab, dafs der darin abgelagerte Schlamm
cht sobald die Wirksamkeit der Leitung beeinträchtigt. Die Reini-
ung des Kastens erfolgt, wenn die Leitung aufser Thätigkeit ge-
tzt und entleert ist durch Ausgraben, wobei der wasserdicht schlies-
ende Deckel entfernt werden mufs. Die ungesunde Luft, die sich
us dem Schlamme entwickelt, setzt zuweilen dieser Reinigung grofse
indernisse entgegen. Ein Haupterfordernifs ist es, dafs solche An-
gen nur da vorkommen, wo sie keinem starken Wasserdrucke aus-
esetzt sind, weil sie sonst nicht leicht wasserdicht geschlossen wer-
n können. Sie finden daher meist ihre Stelle an den höchsten
heilen der Leitung, und keineswegs an den niedrigsten, wo die
esetzung von Schlamm am meisten zu besorgen ist. Hierdurch
schränkt sich in hohem Grade ihre Anwendbarkeit, und sie ge-
ähren nur da Vortheil, wo die Röhrenleitung horizontal oder sanft
bfallend geführt ist. Bei neuern Wasserleitungen fehlen sie ge-
öhnlich ganz und statt ihrer sind Ausgufsröhren angebracht.
Indem man nämlich den Röhrenstrang möglichst horizontal zu legen
ucht, so wird bei undulirendem Terrain, wie dieses gewöhnlich vor-
ommt, auf der Höhe die Röhre versenkt, im Thale dagegen geho-
en. Nichts desto weniger bildet sich dort ein höchster und hier
in tiefster Punkt, letzterer liegt aber über der Thalsohle, und von
iesem Umstande hat man den Vortheil gezogen, hier einen Aus-
uls anzubringen, der ohne Schwierigkeit das Röhrenwasser abführt.
obald der Hahn geöffnet wird, bildet sich sogleich in den nächsten
heilen der Röhre eine starke Strömung, wodurch der Niederschlag,
er gerade hier sich vorzugsweise absetzte, in Bewegung gebracht
nd fortgespült wird. Diese Ausgüsse und ebenso die Schlamm-
asten haben noch den Nutzen, dafs man bei vorkommenden Ver-

stopfungen durch sie leicht entdecken kann, in welchem Theile der Leitung die Sperrung zu suchen ist.

Endlich mufs bei Gelegenheit des Längenprofils noch bemerkt werden, dafs die Leitung in ihrer ganzen Ausdehnung die Höhe des Wasserspiegels im Speisebassin nicht wieder erreichen darf, vielmehr bei zunehmender Entfernung um so tiefer darunter bleiben mufs. Man kann zwar, indem man die Röhre in einen Heber verwandelt, selbst über gröfsere Höhen fortgehn, indessen darf an solcher Stelle kein Ausfluſs angebracht werden, auch tritt dann der Uebelstand ein, dafs dieser Theil der Röhre sich nicht mehr von selbst füllt, vielmehr beim jedesmaligen Anlassen durch eine besondere Pumpe vollgegossen werden mufs. Es giebt nur wenige Beispiele dafür, dafs man dessen ohnerachtet den Heber in Anwendung gebracht hat, und zwar ist es alsdann gewöhnlich nur geschehn, um über den Erddamm oder die Mauer, welche unmittelbar das Speisebassin einschliefst, das Wasser zu leiten, ohne dieselbe durch eine Oeffnung zu schwächen. In gröfseren Röhrenleitungen kommt aber selbst dieses nicht vor.

Der Horizont des Wasserspiegels im Speisebassin bezeichnet keineswegs die Grenze der Höhe, die man beliebig mit der Röhre erreichen darf. Die Ausfluſsmündung mufs jedenfalls niedriger liegen, denn sonst würde alles Gefälle fehlen und keine Bewegung eintreten, aber auch in der Mitte der Leitung darf kein Punkt jener Höhe sich nähern, weil sonst die Röhre sich gar nicht, oder doch nur überaus langsam füllen könnte. Hierher gehören die Fälle, in welchen mehrere Tage und selbst Wochen vergehn, bevor die volle Wirksamkeit eintritt, wie dieses Bossut von einer Leitung bei Versailles anführt. Sonach müssen bei längeren Röhrenleitungen, die abwechselnd steigen und fallen, die aufeinander folgenden Scheitelpunkte unter der jenigen geneigten Linie bleiben, welche das nöthige Gefälle bezeichnet. Andrerseits können dagegen die tiefsten Punkte der Röhre sich zwar von dieser Grenze entfernen, man mufs indessen nicht aufser Acht lassen, dafs der Wasserdruck, der sich hier bildet, auch ein starkes Durchsickern der Fugen und bei hölzernen und steinernen Röhren auch eine schnelle Zerstörung derselben zur Folge zu haben pflegt. Sonach mufs man bei schwachen Röhren starke Senkungen vermeiden. Man verlegt die Röhren am vortheilhaftesten mit möglich gleichmäfsigem Gefälle.

21. Leitungsröhren von Holz etc.

ölzernen Leitungsröhren kann man fast jede Holzart man wählt daher diejenige, die am wohlfeilsten zu be- st. Bedingung ist dabei vorzugsweise, dafs die einzelnen cke nicht gar zu kurz ausfallen, indem jede Zusammen- icht nur Kosten verursacht, sondern auch eine schwache hte Stelle in der Leitung bildet. Aus diesem Grunde eignet gsweise hierzu dasjenige Holz, welches recht gerade Stämme Kiefern und Lerchen. Sodann mufs die Röhre auch dauer- und Festigkeit genug besitzen, um dem Wasserdrucke zu n, und man giebt deshalb dem festen Holze und demjenigen, riele harzige Theile enthält, den Vorzug. Weiden- und lz wird wohl nie angewendet. Endlich darf die Röhre ser keinen Beigeschmack geben, und aus diesem Grunde man gern die Benutzung von Eichenholz, doch giebt es ele Ausnahmen und in Frankreich scheint dasselbe sogar eise gewählt zu werden. Im Allgemeinen möchte sonach n Kiefern- und Lerchen-, noch das Ellernholz sich beson- fehlen.

Länge der einzelnen Röhrenstücke beträgt gewöhnlich 12 und 18 Fufs. Ueber 20 Fufs darf sie nicht sein, weil las Bohren zu schwierig wird. Die Wandstärke hängt r Festigkeit des Holzes auch von der lichten Weite des es und von dem Wasserdrucke ab, wie dieses bei Gelegenheit isernen Röhren näher entwickelt werden wird. Man darf die Wände einer hölzernen Röhre nicht auf die möglichst Dimensionen beschränken, weil die Röhre vom durchflies- Wasser angegriffen wird und ihre Wandstärke sich nach verringert. Gewöhnlich macht man die Wand dem Durch- es Bohrloches gleich, und da letzterer von der Wassermenge Gefälle abhängt, so ergiebt sich leicht die nöthige Stärke n Röhren zu benutzenden Stämme. Trifft es sich aber, dafs e sehr tief unter das Speisebassin verlegt wird und daher ofsen Wasserdrucke ausgesetzt ist, so genügt die eben ge- egel nicht mehr, und man mufs der Wand in diesem Falle ere Stärke lassen. Dabei kommt es aber nicht allein auf serdruck an, den das Piezometer, während die Leitung in hätigkeit ist, anzeigen würde, sondern man mufs auch den ücksichtigen, dafs unterhalb dieser Stelle eine absichtliche

oder zufällige Sperrung eintreten kann, und dafs alsdann der v
Wasserdruck des Speisebassins wirksam wird. Wenn aber die Sp
rung plötzlich erfolgt, so vermehrt der Stofs der bewegten Wa
säule noch sehr beträchtlich diesen Druck. Man pflegt hier
die stärksten Röhren an die tiefsten Stellen zu verlegen, wä
man die schwächeren in den höheren Theilen der Leitung be
darf.

Indem die hölzernen Röhren nie trocken werden, so sollte
eine sehr lange Dauer voraussetzen, es treten indessen m
andere Ursachen ihrer Zerstörung ein und namentlich leide
häufig durch den Schwamm, doch kann man der Entstehung
starken Verbreitung desselben durch sorgfältige Vermeidung
Berührung mit Humus und andern Erdarten vorbeugen, welche
Fäulnifs befördern. Aufserdem ist, wie bereits angedeutet wor
die Wirkung des fliefsenden Wassers auf das Holz zu berück
tigen. Es ist eine bekannte Erfahrung, dafs im Boden eines W
oder einer Freiarche, wenn derselbe auch fortwährend nafs ge
ben ist, nach einer Reihe von Jahren die Zapfen nicht mehr
Zapfenlöcher füllen und alle Verbandstücke, soweit sie nicht
mit Erde umgeben waren, den genauen Schlufs verloren hab
Ebenso bemerkt man auch, wenn ein Pfahl ausgezogen wird, d
etwa ein halbes Jahrhundert in einem Flusse steckte, dafs der Th
der über das Bette vorragt, viel schwächer ist als der, welcher
dem fliefsenden Wasser nicht in Berührung gekommen ist. A
ähnliche Weise wird auch das Holz in den Röhren angegriffen
verzehrt. Bei den Wasserleitungen in Prag vergröfsert sich
Weite der Röhren in 6 Jahren um 3 bis 4 Zoll, und die Wandst
vermindert sich dadurch so sehr, dafs die Röhren in diesen kur
Zwischenzeiten schon erneut werden müssen. *) Namentlich
sich diese Erscheinung am auffallendsten an solchen Stellen, wo
Röhren dem starken Drucke von 80 Fufs ausgesetzt sind, und
wahrscheinlich auch das Durchdriugen durch die Röhrenwand
Zerstörung noch befördert. Um diesem letzten Einflusse zu begeg
verlegt man hölzerne Röhren gewöhnlich in ein Thonbette, wod
zwar das erste Durchdringen der Wasser-Ader nicht verhindert
den, wohl aber das hindurchgedrungene Wasser nicht weiter flie

*) v. Gerstner, Handbuch der Mechanik. Prag 1832. Bd. II. S. 2

n und sonach sich aufserhalb der Röhre bald ein Gegendruck et. Die hölzernen Röhren, welche früher das Wasser des New- er in London vertheilten, dauerten durchschnittlich 20 Jahre. Sie anden aus Ulmenholz, waren aber so häufig schadhaft, dafs man Wasserverlust, den sie verursachten, im Durchschnitt auf 25 cent schätzte. Dieses rührte zum Theil davon her, dafs man undichten Stellen, die sich in der verminderten Ergiebigkeit zu ennen gaben, nicht sogleich auffinden konnte und oft Wochen g darnach suchen mufste.

Zur Verbindung hölzerner Röhren wählt man am häufigsten n Fig. 88 *a* in der Seitenansicht und *b* im Durchschnitte darge- ten Zapfen. Die Röhre wird conisch zugeschärft und zwar so, s, wenn der Kegel ergänzt würde, seine Höhe mindestens zwei- l so grofs, als der Durchmesser seiner Basis wäre. Einen feste- n Schluſs erhält man aber, wenn man das Verhältnifs beider Gröfsen, e $2\frac{1}{2}$ zu 1 annimmt. Um das Aufspalten der Röhre zu verhin- rn, welche die conische Vertiefung erhält, wird ein eiserner Ring, r $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll stark sein mufs, aufgetrieben, und zur gehörigen ichtung der Fugen wird entweder Oelkitt auf den conischen Zapfen estrichen, der jedoch auf dem nassen Holze meist nicht haftet, oder an umwindet diesen Zapfen mit getheerter Leinwand. Dieselbe Verbindung kann man auch, wie Fig. 89 zeigt, zu Abzweigungen enutzen, und zwar eben sowol, wenn dieselben unter einem rechten, ls wenn sie unter einem spitzen Winkel abgehn.

Die conische Gestalt der Zapfen giebt häufig Veranlassung, dafs ie Röhren, sobald sie quellen, sich auseinanderschieben, und zwar rfolgt dieses um so leichter, je stumpfer der Kegel ist. Man be- gegnet diesem Uebelstande zuweilen dadurch, dafs man durch cy- lindrische Zapfen die Röhren in einander greifen läfst, wie Fig. 90 im Durchschnitte zeigt. Die Stärke des Zapfens ist in diesem Falle gewöhnlich das arithmetische Mittel zwischen der Stärke und der lichten Weite der Röhre. Man schneidet den Zapfen so zu, dafs er willig in das Zapfenloch hineingeht, alsdann umwindet man ihn mit getheerter Leinwand und treibt ihn ein, sobald die Röhre später mit Wasser gefüllt wird, quillt das Holz, und der Schluſs wird dicht. Der Zapfen ist meist 3 bis 4 Zoll lang, und die Röhre, worin das Zapfenloch sich befindet, wird wieder durch einen eisernen Ring gegen das Aufspalten gesichert.

Die beste Art der Zusammensetzung hölzerner Röhre
Fig. 91 dargestellt. Man schneidet die Röhren an beiden
stumpf ab und verbindet je zwei derselben durch eine eise
beiden Enden zugeschärfte Büchse *A*. Damit diese indess
etwa nur in eine Röhre eindringt, so ist sie in der Mitte m
vorstehenden Rande versehn. Man macht die Büchse hö
3 Zoll lang, so dafs sie in jede Röhre nur etwas über einen
greift, und giebt ihr auch wohl einen so kleinen Durchmes
sie nur wenige Zoll vom Umfange des Bohrloches absteht.
ist zur Darstellung einer sichern Verbindung nicht genüge
wenn man einige Mehrkosten nicht scheuen darf, so läfst
Büchse in jedes Röhrenstück 3, auch wohl 4 Zoll tief ei
und giebt ihr einen solchen Durchmesser, dafs sie in die l
Röhrenwand trifft. Ihre Stärke beträgt alsdann neben der
henden Rande ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll. Die Kosten für die An
solcher Büchsen sind freilich bedeutend, aber sie sind bei wie
Auswechselung der Röhren aufs Neue zu benutzen. Es ist
haft, die Büchse eben sowol im Innern, wie im Aeufsern, e
nisch abzuschrägen, wie dieses Fig. 92 zeigt. Um die Bü
zusetzen, stellt man sie concentrisch mit dem Bohrloche auf
fläche der einen Röhre und treibt sie mit einem Hammer
an den vorstehenden Rand ein, so dafs derselbe etwa n
halben Zoll vom Holze entfernt bleibt. Hierauf wird di
herausgezogen, was mittelst einer Brechstange, die unter
fafst, nicht schwer ist, und man treibt sie in gleicher W
ihrer andern Seite in das folgende Röhrenstück eben so
Endlich wird die erste Seite wieder in den bereits gebilde
eingestellt und mittelst starker Schläge, die man auf das
zweiten Röhre führt, dringt die Büchse auf beiden Seiten
Rippe ein. Es darf kaum erwähnt werden, dafs man s
mufs, die Schneiden durch das Aufschlagen zu beschädig
benutzt daher hierbei einen eisernen Aufsetzer, der auf
pafst und die Schneide überdeckt. Bei dieser Methode
Dichtung mit Hanf oder Leinwand entbehrlich, ebenso fel
die eisernen Ringe, die sonst das Aufspalten der Röhren ve
Die Länge der ausgebohrten Röhren wird aber in diesem F
ständig benutzt, indem keine Zapfen angeschnitten werden.

Wenn diese Büchsen an einer Seite verlängert werden

man sie auch zur Darstellung von Abzweigungen, die unter einem rechten Winkel seitwärts austreten. Zu diesem Zwecke muſs die Seitenöffnung in der Röhre hinreichend erweitert werden, so daſs man die Büchse eintreiben und mit Holzkeilen dichten kann, während sie auf der andern Seite in der beschriebenen Art in das Hirnholz der Zweigröhre eingreift. Am sichersten werden die Biegungen und Abzweigungen in hölzernen Röhrenleitungen dargestellt, wenn man gufseiserne Verbindungsstücke benutzt. Dieselben werden in die hölzernen Röhren eingeschoben und durch Holzkeile, die in Theer getränkt sind, gedichtet. Damit hierbei aber nicht vielleicht die Röhre spaltet, muſs sie eben so, als wenn eine hölzerne Röhre hineingeschoben würde, mit einem eisernen Ringe umgeben sein.

Zuweilen setzt man hölzerne Röhren aus einzelnen Stücken zusammen, um ihnen eine gröſsere Weite zu geben. So ist schon oben bei Gelegenheit der Artesischen Brunnen von der Zusammensetzung aus zwei Hälften die Rede gewesen, und wenn die Anzahl der Segmente noch gröſser wird, so ist ihre Construction übereinstimmend mit der eines Fasses, wobei die eisernen Zugbänder den Zusammenhang zwischen den einzelnen Theilen darstellen. Obwohl man dergleichen Röhren bei Wasserleitungen nicht anwendet, so muſs doch erwähnt werden, daſs früher auf diese Art die gufseisernen Röhren, welche das von der Maschine Chaillot in Paris gehobene Wasser unter sehr starkem Drucke nach den Reservoiren leiteten, mit Holz verkleidet waren, um das Durchsickern zu verhindern. Der hölzerne Mantel bestand aus 1½ zölligen eichenen Stäben und starke Zugbänder verbanden diese.

Beim Verlegen der Röhren muſs man bis zu derjenigen Tiefe herabgehn, in der das Wasser vor dem Gefrieren und starker Erwärmung gesichert ist. Der Frost ist besonders nachtheilig, weil dadurch nicht nur die Leitung ganz unterbrochen, sondern auch die Röhren zersprengt werden. Wiewohl die Boden-Temperatur selbst in groſser Tiefe im Sommer nicht dieselbe, wie im Winter ist, so dringt in unserm Klima der Frost doch nur selten über 3 Fuſs in den Boden ein. In Städten werden die Röhrenstränge häufig noch aus einem andern Grunde sehr tief verlegt, man muſs sie nämlich vor den Erschütterungen des Fuhrwerks sichern, wodurch ihre Verbindungen sich lösen und undicht werden, sie selbst aber auch

brechen könnten. Diese Vorsicht ist indessen bei hölzernen Röhrenleitungen weniger nöthig, als bei eisernen und steinernen.

Bei verschiedenen Wasserleitungen ist die Tiefe sehr verschieden gewählt. Die hölzernen Röhren, welche die Soole von dem Scheitel des Soldenköpfel bei Berchtesgaden nach Reichenhall führen, liegen des kalten Klimas unerachtet meist ganz unbedeckt zur Seite der Chaussee, hier verhindert indessen der starke Salzgehalt des Wassers das Einfrieren. Leitungen, welche Quellwasser aus dem Erdboden aufnehmen, braucht man wegen des Frostes nicht tief zu versenken, weil die Abkühlung nicht so schnell erfolgt. Wo aber das Wasser aus dem Speisebassin schon abgekühlt und vielleicht unter einer Eisdecke abfliefst, da mufs man jede fernere Erniedrigung der Temperatur verhindern, und deshalb einige Fufs tief unter die Oberfläche des Bodens herabgehn. In Paris legt man alle Röhren mindestens 1 Meter oder 3 Fufs 2 Zoll tief, in England wählt man ungefähr dieselbe Tiefe, doch geht man in Deutschland bei der Anlage gröfserer Leitungen gemeinhin noch vorsichtiger zu Werke, und versenkt die Röhren bis 5 Fufs tief.

Eine zweite Rücksicht, die man beim Verlegen der Röhren zu nehmen hat bezieht sich auf die Festigkeit des Bodens. Im Allgemeinen darf man diese immer voraussetzen, insofern keine neue Aufschüttung gemacht, sondern der Graben, worin die Röhre liegt, mit derselben Erde angefüllt wird, die schon früher hier lag und drückte. Das Gewicht der Röhre ist an sich unbedeutend und meist noch geringer, als das der Erde, deren Stelle sie einnimmt. Man hat also nur darauf zu achten, dafs bei einem nachgiebigen Boden nicht andere Aufträge oder sonstige starke Belastungen hinzukommen, durch welche der Röhrenstrang, wenn er darunter liegt, theilweise herabgedrückt und dadurch in seiner Verbindung gelöst werden könnte. Endlich mufs man jede Berührung der hölzernen Röhre mit animalischen oder vegetabilischen Stoffen sorgfältig vermeiden, weil solche vorzugsweise die Bildung des Schwammes befördern. Aus diesem Grunde darf auch keine fette Gartenerde zur Bedeckung genommen werden, sondern am besten eignet sich dazu Sand oder Thon, sowie auch die Verbindung beider, oder Lehm. Eine Annahme hiervon rechtfertigt sich nur, wenn der Röhrenstrang, wie dieses in moorigem Boden zuweilen geschieht, unter dem Grundwasser liegt. Der Thon hat übrigens vor dem Sande den Vorzug,

[illegible] er das Durchsickern des Wassers verhindert, woher er auch [illegible]gweise benutzt wird. Zuweilen werden die Röhren vor dem [illegible]gen in der äufseren Oberfläche getheert, was jedoch wenig Nutzen [illegible], da man das Holz vorher nicht so stark austrocknen läfst, dafs [illegible]Theer eine feste Verbindung damit eingehn könnte. Andrer- [illegible]geschieht es auch, dafs man die Röhren von aufsen schwach [illegible]nt, wodurch zwar der Fäulnifs sehr kräftig entgegengewirkt, [illegible]leicht der grofse Uebelstand herbeigeführt wird, dafs die Röh- [illegible]stellenweise geschwächt werden.

Die hölzernen Röhren werden gewöhnlich ohne Untermauerung [illegible]gt. Man hebt einen Graben in der Richtung aus, wo der Röh- [illegible]rung liegen soll, und zwar in solcher Tiefe, dafs seine Sohle [illegible]sich das Bette für den letztern bildet. Unter Umständen kann [illegible]Einbringung eines Thonschlages auf der Sohle nöthig werden, [illegible]falls wird man den Graben nur so breit machen, dafs die Röhre [illegible]n Platz findet. Von grofser Wichtigkeit ist es, jede einzelne [illegible]strecke, bevor sie wieder mit Erde verschüttet wird, in Hin- [illegible]auf ihre **Wasserdichtigkeit** zu prüfen. Zu diesem Zwecke wird [illegible]die äufsere Oeffnung der zuletzt verlegten Röhre ein hölzerner [illegible]Block eingetrieben und der Zufluſs des Quells nach der Leitung [illegible]öffnet. Es bildet sich alsdann in der ganzen Leitung der volle [illegible]Druck, welcher der Niveaudifferenz gegen das Speisebassin entspricht, [illegible]und wenn dieser kein Ausspritzen oder Hervorquellen des Wassers [illegible]aus den Fugen zwischen den Röhren oder durch die Röhrenwände [illegible]selbst zur Folge hat, so kann man diesen Theil als gehörig wasser- [illegible]dicht ansehn und ihn verschütten.

Die willkührliche Zulassung und Absperrung des Wassers aus dem Sammelbassin nach der Röhrenleitung erfolgt gemeinhin durch die in Fig. 74 auf Taf. V dargestellte Vorrichtung. Man bringt dafür sehr häufig eine Art von Kegelventil an, welches an einem Stiele herausgehoben und eingesetzt wird, um die Oeffnung in der Grund- [illegible]platte oder im daraufgestellten Rinnstocke zu schliefsen.

Luftspunde dürfen in hölzernen Leitungen nicht fehlen. Da letztere viel roher zusammengesetzt sind als eiserne, so tritt für die Luftspunde noch der sehr wichtige Zweck ein, durch sie bei ein- [illegible]tretenden Verstopfungen oder Lecken die schadhaften Stellen aufzu- [illegible]finden. Wo es geschehn kann, bringt man verticale Luftröhren in der Fig. 89 gezeichneten Verbindungsart an, und führt sie bis über

das Niveau des Speisebassins herauf. Hierzu findet sich indessen nicht leicht die Gelegenheit, man mufs also bei jedem Gebrauche des Luftspundes die darüber geschüttete Erde aufgraben. Man pflegt in diesem Falle gewöhnlich die Röhre von oben anzubohren, und das Bohrloch mit einem hölzernen Pflock zu schliefsen. Dieses geschieht etwa alle 10 Ruthen. Man bezeichnet diese Stellen, und wählt sie an Orten, wo die Röhre nicht tief liegt und wo man leicht hinzukommen kann. Soll die Röhrenleitung angelassen werden, so sind alle diese Oeffnungen frei, sobald aber das Wasser durch das Bohrloch ausfliefst, so wird der Pflock eingetrieben und der Graben an dieser Stelle mit Erde angefüllt.

Zeigt sich später eine merkliche Abnahme der zugeführten Wassermenge, während das Speisebassin gehörig gefüllt ist, so gräbt man die Stellen auf, wo die Spunde befindlich sind, und schlägt letztere nach und nach heraus. Aus der Stärke der austretenden Strahlen erkennt man schon, in welcher Strecke der Schaden zu suchen ist, und dieser Theil der Leitung mufs gewöhnlich ganz aufgegraben werden. Entdeckt man einen Leck, so läfst sich durch Eintreiben von Hanf oder Werg derselbe gemeinhin leicht schliefsen. Anders ist es aber, wenn eine Verstopfung in der Röhre vorgekommen ist, die sich oft aus Wurzelfasern bildet. In diesem Falle ist es besonders nützlich, wenn man recht viele Wechselhäuschen angebracht hat, durch welche man flexible Stangen einstofsen kann. Auch die Luftspunde lassen sich so einrichten, dafs sie zu diesem Zwecke brauchbar sind. Dieses geschieht, indem sie nicht in einem blofsen Bohrloche, sondern vielmehr in einer etwa 3 Fufs langen Oeffnung bestehn. Fig. 93 *a* zeigt eine solche von oben und Fig. 93 *b* im Querschnitt. Sie wird mit einem pyramidalisch zugeschnittenen Klotze geschlossen, der Fig. 93 *c* perspectivisch dargestellt ist. Letzter darf natürlich nicht das Bohrloch der Röhre verengen, und mufs einige Zolle vor die äufsere Wand der Röhre vortreten, damit man ihn, so oft es nöthig ist, herausschlagen kann. Um ihn gehörig schliefsend zu machen, ist er von allen vier Seiten pyramidalisch geformt, und wird, bevor man ihn einsetzt, noch mit getheerter Leinwand umwunden.

Durch solche lange Oeffnungen läfst sich die Stange sowol nach der einen, wie nach der andern Seite einschieben. Sie besteht aus zähen Ruthen von Haselnufs, Esche und andern Holzarten, die lange

nd gerade Triebe haben und dabei nicht spröde sind. Man bindet iese recht fest aneinander und stellt dadurch solche Längen dar, afs man von einem Spunde bis zu dem nächsten reichen kann. Am Ende werden sie auch wohl mit einem Besen oder mit einer igenthümlichen Vorrichtung, der sogenannten Röhrbirne, versehn. Dieses ist ein Stück Eisen, welches einer kreuzweise aufgespaltenen Birne gleicht. Die einzelnen Viertel hängen an der Stelle, wo bei er Birne der Stiel ist, durch Federn zusammen, und werden durch etztere auseinander gedrängt, während sie bei vorkommenden Unebenheiten sich zusammenlegen und durch engere Profile treiben assen. Greift man hiermit das in der Röhre steckende Geflecht on Wurzeln an, so pflegt sich solches leicht von der Wand zu rennen, und man kann es bis zum nächsten Spunde schieben, durch welchen es herausgezogen wird. Wenn eine Anhäufung von Schlamm ie Ursache der Verstopfung war, so sind aber besonders die bereits rwähnten Ausgüsse an den niedrigsten Stellen sehr wirksam, während die Schlammkasten schon die Versetzung der Röhre verhindern.

Die steinernen Röhren sind sehr verschieden. Sie werden entweder durch Ausbohrung eines natürlichen Steins, und zwar vorzugsweise des Sandsteins dargestellt, oder sie sind wie gewöhnliches Töpfergeschirr geformt und gebrannt und in diesem Falle gemeinhin von innen glasirt. Man bildet sie ferner aus einer porcellanartigen Masse, die beim Brennen zusammensintert, und daher keiner besonderen Glasur bedarf, und endlich werden sie zuweilen auch aus Mauerwerk oder auf andere Art unmittelbar da, wo sie liegen sollen, ausgeführt. Diese Röhren sind zum Theil sehr wohlfeil, auch dauerhaft, wenn sie vor äufsern Beschädigungen gesichert werden. Sie geben dem Wasser am wenigsten einen fremdartigen Beigeschmack, lassen wegen der rauhen und festen Oberfläche die verschiedenen Kitte gut haften und sind daher bei sorgfältiger Verlegung auch in den Stöfsen gehörig dicht. Gekrümmte Röhrenstücke und Abzweigungen sind leicht darzustellen, und endlich gewähren sie den Vortheil, dafs ihre Durchführung durch Mauern wegen der Uebereinstimmung des Materials wenig Schwierigkeiten macht.

Diese Gründe werden häufig hervorgehoben, um den steinernen Röhren allgemeineren Eingang zu verschaffen, als sie bisher gefunden haben, es fehlt auch keineswegs an Beispielen, welche zeigen, dafs sie lange Zeit hindurch benutzt werden können, aber dagegen

sind auch viele Fälle bekannt geworden, in denen sie so wenig haltbar waren, daſs man sie bald verwerfen muſste, und besonders sind in dieser Beziehung die Erfahrungen wichtig, die man in England gemacht hat. Ihre groſse Zerbrechlichkeit gereicht ihnen ohne Zweifel sehr zum Vorwurf. Keine andere Art von Röhrenleitung verlangt eine solche Vorsicht in der Verlegung, damit kein Theil hohl liegt oder durch Erschütterungen berührt wird. Die Steifigkeit, welche sie durch die festen Kitte in den Stöſsen erhalten, ist eine neue Veranlassung ihres häufigen Brechens. In dieser Beziehung wirkt schon die Temperaturveränderung sehr nachtheilig auf sie ein, während es unmöglich ist, ihnen die genaue Form zu geben, welche sie haben müſsten, wenn man eine künstliche Compensation, wie bei eisernen Röhren, anbringen wollte. Ferner ist ihre Festigkeit nur sehr geringe und noch dazu sehr ungleichmäſsig, so daſs man sie einem gröſsern Wasserdrucke nie aussetzen darf, wenn sie nicht einen sehr kleinen Durchmesser haben. Auch ist ihre Wasserdichtigkeit nicht immer so vollständig, als man vermuthet. Endlich beeinträchtigt der Pflanzenwuchs die Wirksamkeit der steinernen Röhren weit mehr, als andre. Manche Bäume sind so begierig, ihre Wurzeln in diese Röhren zu senden, daſs man bemerkt hat, wie dieselben sich bis auf 30 Fuſs in horizontaler Entfernung und bis 12 Fuſs in der Tiefe direct nach der Leitung hinzogen, und sobald sie diese erreicht hatten, durchdrangen die feinen Fasern den Mörtel oder den Stein, und machten dabei die Röhren undicht, und verstopften sie. *) Auch die Vegetation im Innern ist bei keiner andern Leitung so reichlich und so störend, wie gerade bei den steinernen.

Hiernach scheint es, daſs die Vorzüge vollständig durch die Nachtheile aufgewogen werden, und wenn gleich unter manchen localen Verhältnissen die erstern überwiegen mögen, so ist doch zu bezweifeln, daſs diese Röhren eine allgemeine Verbreitung finden können.

In England hat man mittelst besonderer Maschinen mehrere Röhren von verschiedener Weite aus denselben Sandstein-Blöcken dargestellt, indem etwa 6 concentrische kreisförmige Schnitte gleichzeitig in jeden Block eingeschliffen wurden. Die Zusammensetzung solcher Röhren erfolgte in gleicher Weise, wie zuweilen bei eisernen

*) *Gauvin Resumé*, 4. Auflage. S. 161.

ren geschieht durch darüber geschobene breite eiserne Ringe, he die Stöfse überdecken. Der Zwischenraum zwischen den- en und dem Ringe wird mit hydraulischem Mörtel oder einem ern Kitte ausgestrichen, oder behufs eines recht dichten Schlusses h mit schmalen Holzkeilen gefüllt. Dafs man bei der Verlegung er Röhren, und noch mehr bei ihrer Beschüttung sehr vorsichtig Werke gehn mufs, ist bereits erwähnt worden. Gewöhnlich legt n sie durchweg auf ausgemauerte Fundamente, und zwar wird das uerwerk oben nach der Form der Röhre abgeglichen, damit der uck sich auf eine grofse tragende Fläche vertheilt.

Dergleichen Röhren aus Sandstein und zum Theil auch aus dern Steinen, wie aus Marmor, hat man schon zur Zeit der ersten nischen Kaiser benutzt. Sie sind auch später mehrfach versucht rden, wenn gleich die grofsen Kosten ihrer Darstellung die Be- ung zu ausgedehnten Leitungen zu verhindern scheinen. Doch dieses in England geschehn. Im Anfange dieses Jahrhunderts lete sich nämlich in Manchester eine Actiengesellschaft zur Ver- gung der Stadt mit Wasser. Sie legte zuerst hölzerne Röhren, diese jedoch viele Reparaturen erforderten, so mufsten sie durch lere ersetzt werden. Der Eigenthümer eines Steinbruches in der he erbot sich zur Lieferung von Sandsteinröhren, von denen einige ben günstig ausfielen. Die Gesellschaft entschlofs sich daher auf Rath Rennie's, diese Röhren zu wählen. Beim Verlegen wurde e mögliche Vorsicht beobachtet, als aber das Wasser hineinge- en war, so zeigte sich die Unangemessenheit der Wahl des Ma- als auf die augenscheinlichste Art. Grofse Theile der Stadt wur- sogleich inundirt, indem eine Menge Röhren unter dem Wasser- cke zersprangen und aus den andern, die ganz geblieben waren, rall das Wasser durch die Röhrenwand durchquoll. Indem nun Fonds der Gesellschaft vollständig erschöpft und alles Zutrauen ihr beim Publikum verschwunden war, so löste sie sich auf, l die neue Gesellschaft, die 1817 zusammentrat, legte gufseiserne hren, die noch in Wirksamkeit sind. *) In derselben Zeit, als Manchester die steinernen Röhren gelegt wurden, sollte die Grand nction-Canal-Wasserleitung in London ausgedehnt werden, und nnie, der auch hier der Ingenieur der Gesellschaft war, veran-

*) *Matthews hydraulia. p.* 138 ff.

lafste letztere sogar, die gufseisernen Röhren, die nach s
nung das Wasser verunreinigten, zu entfernen und dafü
anzuwenden. Man folgte seinem Rathe und der Erfolg wa
wie in Manchester, so dafs man sich beeilen mufste, wied
eisernen Röhren zu benutzen. Die Kosten dieses Versuch
11000 Pfund.

Die thönernen, inwendig glasirten Röhren würde
zugsweise durch ihre Wohlfeilheit empfehlen, wenn ih
Dauer nicht ihre Anwendbarkeit wesentlich beschränkte.
die nöthige Festigkeit abgeht, um auch nur einem gering
drucke zu widerstehn, so vermauert man sie gewöhnlich
dafs sie wirklich nur die innere Wand der Röhrenleitu
Hierzu ist eine sichere Fundirung erforderlich, damit
Setzen sich zeigt, die Kosten werden dadurch aber so
dafs der Vorzug der Wohlfeilheit im Vergleiche zu der
und oft selbst zu den eisernen Röhren verschwindet. I
dung ist in der Regel diese, dafs jede Röhre in das erw
der nächsten eingreift und die Fuge mit Kitt gedichtet
dem Trocknen lassen die Röhren sich biegen, man
Krümmungen, sowie in besonderen Formen auch Stück
zweigungen darstellen. Es ist aber nicht ungewöhnlich
Luftspunde und Abzweigungen nicht in den thönernen R
dern in zwischengelegten hölzernen Röhren anbringt, in
eingreifen.

Indem nach dieser Darstellung die gemauerte Ur
der Röhre den Haupttheil bildet, so kann man die gebr
selbst auch ganz fortlassen. Auf diese Art stellt m
nur kleine Canäle dar, die überwölbt, oder mit Dec
schlossen sind, die aber immer durch das Wasser vollst
werden und aus diesem Grunde als Röhren anzusehn sin
hat sie auch ohne Anwendung von Mauersteinen allein
schnell erhärtenden Mörtel gebildet. Er bediente sich
hölzernen Cylinders, dessen Durchmesser der beabsichtig
weite entsprach; derselbe wurde mit Mörtel umgeben
etwas herausgezogen, jedoch so, dafs er noch zum T
bereits fertigen Röhre stecken blieb, woher die Forts
immer genau anschlofs. Fig. 94 zeigt den Querschnitt e
Röhre.

Die aus einer porcellanähnlichen Masse oder aus Steingut bereiteten Röhren sind unter den verschiedenen steinernen Röhren wohl die vorzüglichsten, insofern sie am festesten und für das Wasser am wenigsten durchdringlich sind. Bei einem Durchmesser von wenigen Zollen halten sie auch einen Wasserdruck bis 80 Fufs aus, doch müssen sie aus einer möglichst gleichartigen Masse bereitet und so fest gebrannt sein, dafs sie am Stahle Funken geben. Die Wandstärke ist natürlich dem Drucke angemessen zu wählen, gewöhnlich genügt es aber, derselben den vierten Theil der lichten Weite zu geben. Solche Röhren sind in Augsburg schon seit langer Zeit zu den Wasserleitungen benutzt, und ähnliche Beispiele kommen auch an andern Orten vor. Beim Verlegen dieser Röhren mufs man indessen sehr vorsichtig sein. Eine ununterbrochene Fundirung, auf der sie in einer Rinne liegen, ist meist nothwendig, aufserdem aber müssen sie auch vor Erschütterungen von dem darübergehenden Fuhrwerke gesichert und daher gehörig tief verlegt werden. Zu ihrer Zusammensetzung dient entweder ein mörtelähnlicher Cement, oder auch ein Kitt, der heifs aufgebracht wird und beim Erkalten erhärtet, wie z. B. Schwefel, der hierbei vorzugsweise benutzt wird.

Die bleiernen Röhren waren vor einigen Jahrzehnden noch vielfach im Gebrauch. Sie empfehlen sich mit Recht durch manche schätzbare Eigenschaften: sie können einen starken Wasserdruck aushalten, ohne zu springen, sie sind sowol an sich sehr wasserdicht, als auch in den Stöfsen, wo sie zusammengelöthet werden. Man kann sie biegen und dadurch jede beliebige Krümmung darstellen, und endlich kommt es bei ihnen am wenigsten auf eine gesicherte Lage an, denn Stöfse und Erschütterungen schaden ihnen nichts, und eben so wenig leiden sie, wenn sie theilweise auf einem nachgebenden Boden liegen, wo sie tiefer als an andern Stellen einsinken. Nachtheilig ist zwar ihre starke Ausdehnung in der Wärme, die 2½ Mal gröfser, als bei Gufseisen ist. Da sie indessen nicht leicht in ganz geraden Strängen liegen, so haben sie meist Gelegenheit, sich ohne Nachtheil zu verlängern oder zu verkürzen. In der neuesten Zeit sind sie indessen durch die gegossenen eisernen Röhren verdrängt, die bei der vollkommneren Methode des Gieſsens viel billiger sind, und endlich hat man ihnen den Vorwurf gemacht, dafs sie das Wasser mit Bleikalk versetzen und es dadurch förmlich

nur noch als kleine

Darstellung war die, daſs
Flächen scharf zusammenbog und
überdeckten, zusammenlöthete.
Ränder durch bloſses Falzen und ohne
verbinden. Hauptsächlich werden die E
später ist das Ziehn der gegossenen Röl
durch stählerne Löcher von abnehmend
Die gegossenen Röhren sind gewöhnlich
haben eine Weite von 1 bis 6 Zoll. Ihre Wands
Genieys bei einer lichten Weite

von 1 Zoll . . . $2\frac{1}{2}$ Linien
- 2 Zoll . . . $3\frac{1}{4}$ Linien
- 3 Zoll . . . 4 Linien
- 4 Zoll . . . $4\frac{1}{2}$ Linien
- 6 Zoll . . . $5\frac{3}{4}$ Linien

Weiten werden sie auch gegenwärtig nicht
aus Platten geformt und gelöthet. Man lö
Ränder, also Flanschen daran mittelst deren sie, wie b
Röhren geschieht, durch Schraubenbolzen verbunden werde
ist es aber nöthig, eiserne Ringe, welche die Bolzenlöcher e
auf die Röhren aufzuziehn, da ohne dieselben der
Druck nicht auf den ganzen Umfang gleichmäſsig vertheilt
Engere Röhren löthet man dagegen zusammen, in
Ränder stumpf gegeneinander gebracht, aber nicht ineinande
werden. Indem man bei den Bleiröhren überall Oe
und andere Röhren dieser Art wieder anlöth
sind Abzweigungen hier besonders leicht anzubringen.
mit gufseisernen Röhren verbindet, soll bei Gelegenheit
der letzteren mitgetheilt werden, dieses ist aber
wie sie auch mit hölzernen Röhren verbunden werden
Seit dem Jahre 1840 werden Bleiröhren noch in andr
zwar in der höchsten Regelmäſsigkeit und in beliebiger
indem man das geschmolzene Blei durch eine eis
Röhre abflieſsen läſst, in der sich ein massiver
befindet. Das Blei tritt also schon als Röhre
und Wandstärke aus, und es ist nur dafür z

chen der eisernen Röhre und dem Dorne schon erstarrt, die Form nicht zu verändern. Man kann in dieser Weise bis von nahe 4 Zoll Weite darstellen.

Um eine Bleiröhre zu prüfen, ob sie beim Gusse oder beim oder Walzen überall die nöthige Wandstärke erhalten hat ob die Fugen wasserdicht sind, schliefst man sie an einem mit einem hölzernen Pfropfen, gieſst sodann Wasser hinein steckt in das offene Ende einen starken Stock, der unten mit Art Kolben versehn ist. Kann man auf letztern mit einem aufschlagen, ohne dafs Wassertropfen aus der Röhre aus-, oder dieselbe irgendwo Veränderungen zeigt, so hat sie die erliche Stärke und Wasserdichtigkeit.

Jardine in Edinburg beobachtete, dafs eine Bleiröhre von 1¼ Zoll und ¼ Zoll Wandstärke noch einem Wasserdrucke von 1000 widerstand, dafs sie aber aufriſs, sobald der Druck auf 1200 sich vermehrte. Eine andere Röhre von derselben Wand-, die 2 Zoll weit war, hielt nur den Druck von 860 Fufs mit heit aus und brach bei 1000 Fufs.*) Indem die absolute igkeit des Bleies nur etwa dem neunten Theile der des Gufseisens ist, der Preis dafür vergleichungsweise zum letzteren sich aber auf das Dreifache stellt, so rechtfertigt es sich gewifs, dafs man der Kosten wegen allgemein das Gufseisen vorzieht und das nur anwendet, wenn die Röhre nicht sicher verlegt werden und ein späteres Biegen derselben in Aussicht genommen wer- muſs. Tritt dieses ein, so verhindert die Zähigkeit des Bleies Bruch, und selbst unter sehr starkem Wasserdruck zerspringt nicht, wie etwa das gewalzte Eisen, vielmehr schwillt sie zu- an der schwächsten Stelle auf. Es bildet sich hier eine liche Blase, und nur wenn die Wand derselben sich soweit ver- hat, dafs eine weitere Ausdehnung nicht mehr erfolgen kann, reicht sie auf, wobei die Ränder zurückgebogen werden, und der ganze Inhalt der Röhre schnell entweicht. So sah ich 1822 eine schad- Röhre in einer Strafse in Paris aufnehmen, worin auf etwa 6 Zoll Länge eine 2 Zoll weite Spalte sich gebildet hatte.

In neuerer Zeit sind auch Asphaltröhren vielfach versucht und angewendet worden. Dieselben werden gewöhnlich aus Papier

*) *Navier, résumé des leçons. Vol. I.*

gefertigt, welches durch geschmolzenen Asphalt gezogen ist. Dieses Papier bereitet man aus altem Tauwerk der Marine, und zwar wird es nicht geschöpft, sondern ohne Ende dargestellt. Nachdem es durch den Asphalt-Behälter gegangen, windet man es um einen Cylinder, dessen Durchmesser mit der beabsichtigten lichten Weite der Röhre übereinstimmt. Dieser Cylinder wird von der Maschine gedreht und auf ihm ruht ein zweiter Cylinder, der das Papier gleichmäfsig andrückt. Hat man durch mehrfache Umdrehungen die beabsichtigte Wandstärke erreicht, so schneidet man das Papier ab, und zieht den Cylinder, der als Kern diente, aus der so geformten Röhre. Letztere wird noch im Innern mit einem wasserdichten Firnifs, im Aeufsern dagegen mit einem, mit Kies vermischten Asphalt-Lack überzogen und ist alsdann zum Gebrauche fertig.

Die Asphaltröhren-Fabrik in Hamburg liefert Röhren von 7 Fufs Länge und 2 bis 24 Zoll lichter Weite für Preise, die nur die Hälfte der gufseisernen Röhren betragen sollen.

Was die Verbindung dieser Röhren unter sich oder mit gufseisernen Röhren betrifft, so wird besonders der Patent-Verschluss als vollkommen dicht und zugleich als etwas flexibel gerühmt. Derselbe besteht im Wesentlichen aus einer gufseisernen oder auch aus einer Asphaltröhren-Muffe, die über den Stofs gezogen wird, sowie aus zwei mit Flanchen versehenen gufseisernen Ringen, die an beiden Enden der ersten liegen, jedoch an den gegenüberstehenden Seiten hohle Kegelflächen bilden. Diese Kegelflächen lehnen sich nicht unmittelbar an die Muffe, sondern es befindet sich davor auf jeder Seite noch ein Kautschuck-Ring, dessen Querschnitt ein abgestumpftes gleichschenkliches Dreieck bildet, und der mit seiner Basis auf der Röhre ruht. Sobald die eisernen Ringe durch Schraubenbolzen zusammengepreſst werden, so drücken sie die Kautschuckringe sehr fest gegen die Röhre und stellen dadurch den wasserdichten Verschluſs dar.

Wenn diese Röhren aber keinem, oder nur einem geringen Drucke ausgesetzt sind, so genügt es, die beiden Enden zu erhitzen und auf einander zu drücken, während darüber ein Leinenband, das wieder in Asphalt getaucht war, um den Stofs gewunden wird.

Die mit diesen Röhren angestellten Versuche haben in der That sehr günstige Resultate ergeben. So fanden Karmarsch und Rühlmann, dafs eine aus mehreren Stücken zusammengesetzte Röhre von

22. Gufseiserne Leitungsröhren.

lichter Weite und $\frac{1}{2}$ Zoll Wandstärke einem Druc
anzig Atmosphären widerstand ohne undicht zu we
gend eine Beschädigung zu zeigen. Auch unter h
gen sollen die Röhren nicht leiden, noch auch
t werden. Mehrfach sind sie bereits angewend
h den frühesten Versuchen haben sie sich bereit
ut gehalten. Besonders rühmt man, dafs sie bein
sers nicht springen, und dafs sie demselben, auc
rin gestanden hat, keinen Beigeschmack geben,
in irgend einer Weise verunreinigen. Jedenfall
htung werth, obwohl vielfa t wird,
hunderten bewährten gufseis en en
en.

entlich verschieden sind die Asphaltröhren, die in neuerer
ach in Frankreich benutzt werden, und die aus Eisenblechen
nd von innen, wie von aufsen mit Asphalt überzogen wer-
rcy *) theilt verschiedene Notizen über ihre Fabrication, so
ihre Verwendung und die dabei gemachten Erfahrungen
ztere sind sehr befriedigend. Hier wäre nur zu bemerken,
**Eisenblech, welches vorher verzinnt, oder vielmehr durch
n in eine Metallmischung von Blei und etwas Zinn mit
nen Schicht derselben überzogen war, gebogen und durch
ng der Fuge zur Röhre verbunden wird. Die Wasser-
t wird durch den Asphaltüberzug dargestellt, der sowol
n, wie von innen aufgebracht wird. Letzterer gewährt
h den Vortheil, dafs er das Metall vollständig überdeckt
ch seine Oxydation verhindert. Darcy bemerkt, dafs diese
edeutend wohlfeiler, als gufseiserne sind, dafs aber der
ed der Kosten bei gröfseren Weiten nur geringe ist.**

§. 22.
Gufseiserne Leitungsröhren.

**gufseisernen Röhren lassen sich alle diejenigen Vorkehrungen
dung bringen, welche eine zweckmäfsige Vertheilung des**

*) *fontaines publiques de Dijon. pag.* 632.

Wassers und eine ununterbrochene Wirksamkeit der Leitung bezwecken. Ein grofser Vorzug dieser Röhren liegt aber noch in ihrer Dauer. In England giebt es Röhren, die 100 Jahre hindurch das Wasser geleitet haben, ohne dafs eine Abnutzung daran bemerkt wäre. Ferner ist ihre Stärke und Wasserdichtigkeit so grofs, dafs man ihnen selbst bei einem Wasserdrucke von 100 Fufs nur diejenige Wandstärke geben darf, die schon wegen des gleichmäfsigen Gusses erforderlich ist. Mittelst der hydraulischen Presse können sie leicht und sicher geprüft werden. Die einzelnen Röhrenstücke lassen sich dauerhaft und wasserdicht verbinden, und man hat dabei noch die Wahl, entweder eine ganz steife Verbindungsart zu benutzen, oder in den Stöfsen, unbeschadet der Waserdichtigkeit, eine gewisse Biegsamkeit und Dehnbarkeit darzustellen, so dafs der ganze Strang bei Temperatur-Veränderungen sich verlängern und verkürzen, und bei zufälligem Setzen des Untergrundes an einzelnen Stellen sich auch biegen kann, ohne die Wirksamkeit der Leitung zu beeinträchtigen. Andrerseits kann man dabei aber auch die Vorrichtung treffen, dafs eine Röhre mittelst einer Stopfbüchse sich in eine andre schiebt, oder durch ein Gelenk mit derselben verbunden ist, so dafs Verkürzungen und Biegungen in ausgedehntem Maafse möglich sind.

Die gufseisernen Röhren sind bei der geringen Wandstärke, die man ihnen heutiges Tages giebt, so wenig kostbar, dafs sie mit Rücksicht auf die Unterhaltung in den meisten Fällen andern Leitungen vorzuziehn sind, soweit letztere schon durch längere Erfahrungen versucht wurden. Das Wasser, welches sie leiten, wird auch nicht verdorben, und am wenigsten in der Art, dafs es der Gesundheit nachtheilig würde. Der gröfste Uebelstand ist, dafs das Gufseisen oxydirt, und in manchen Fällen dieses Oxyd sich in grofsen Massen absetzt. Man hat indessen diesen Fall nur selten, und wie es scheint, nur einmal bemerkt, auch ist die ganze Wahrnehmung sehr zweifelhaft, woher die Besorgnifs, dafs bei einer neuen Anlage derselbe Uebelstand sich wiederholen möchte, nicht gerechtfertigt ist.

Um die nöthige Wandstärke der gufseisernen Röhren zu bestimmen, mufs man aufser der absoluten Festigkeit des Gufseisens auch den innern Durchmesser der Röhre und die Druckhöhe des Wassers kennen. Es sei f die absolute Festigkeit, oder diejenige Anzahl von Pfunden, welche ein gufseiserner Stab von 1 Quadratzoll Querschnitt mit Sicherheit tragen kann, ohne zu zerreifsen, d

der Durchmesser oder die lichte Weite der Röhre, e ihre Wandstärke, Beides in Zollen ausgedrückt, und h bezeichne die Druckhöhe des Wassers über der Achse der Röhre und zwar in Fufsen. Die Röhre kann brechen, indem der Druck in jedem einzelnen ringförmigen Theile derselben gegen die betreffende Wand gröfser wird, als die Festigkeit der letzteren. Es ist aber auch denkbar, dafs die Wand nicht parallel, sondern normal gegen die Röhren-Achse zerrissen wird, also ein Theil der Röhre sich von dem vorhergehenden löst. Der letzte Fall ist weniger wahrscheinlich, als der erste, weil die Befestigungsart der Röhren ihn gemeinhin schon verhindert, da er aber doch zuweilen eintreten kann, so ist es nöthig, ihn auch in Betrachtung zu ziehn. Ich mache mit ihm den Anfang und untersuche also zunächst, wie grofs e sein mufs, damit die Röhre nicht transversal bricht. Indem 1 Cubikfufs Wasser 61,736 Pfund wiegt, so ist der Druck auf jeden Quadratzoll Oberfläche der Röhrenwand gleich $0{,}4287 \,.\, h$ also auf den ganzen Querschnitt der Röhren-Oeffnung

$$= 0{,}1072 \,.\, h d^2 \pi$$

Der Querschnitt der Röhrenwand ist aber

$$= (e^2 + ed)\,\pi$$

und der Druck, dem derselbe mit Sicherheit widerstehn kann

$$= (e^2 + ed)\,\pi f$$

Man hat also

$$0{,}1072 \,.\, h d^2 = (e^2 + ed) f$$

woraus sich ergiebt

$$e = -\tfrac{1}{2} d + \tfrac{1}{2} d \sqrt{\left(1 + 0{,}4287 \,\frac{h}{f}\right)}$$

oder mit Vernachlässigung der höheren Potenzen des sehr kleinen Buches $\frac{h}{f}$

$$e = 0{,}1072 \,\frac{h}{f}\, d - 0{,}0115 \,\frac{h^2}{f^2}\, d.$$

Damit die Röhre nicht der Länge nach brechen kann, darf in jedem ringförmigen Theile, dessen Breite 1 Zoll sei, der Druck auf ein einzelnes Stück desselben nicht gröfser werden, als die Cohäsion der Wand, und da hier an ein Umbiegen, oder an den Bruch in einer einzelnen Stelle nicht gedacht werden kann, da das Gufseisen nicht biegsam ist, und überdies ein gleichmäfsiger Gufs vorausgesetzt

wird, so muſs der Ring auf zwei Stellen brechen. Der Wasserdru der dieses bewirkt, ist proportional der Sehne des abgebroch Stückes vom Ringe, er wird also ein Maximum, sobald der Ri diametral zerbricht, auch möchte das Herausdrücken eines sol Segmentes aufserdem noch eine neue Kraft erfordern. Sonach m e so groſs sein, daſs es in jedem einzelnen Ringe den diametr Bruch verhindert. Die Cohäsion in beiden Bruchstellen beträgt

$$= 2ef$$

und der Wasserdruck, dem sie widerstehn soll, ist gleich

$$0{,}4287 \,.\, hd$$

daher muſs

$$e = 0{,}2144 \frac{h}{f} d$$

oder mehr als doppelt so groſs sein, wie im ersten Falle. sonach die Röhre so stark ist, daſs der Longitudinalbruch nic folgen kann, so ist dadurch auch Sicherheit gegen den Transv bruch erreicht.

In Bezug auf den Longitudinalbruch ist noch zu bemerken man hierbei zuweilen auch die Elasticität in Betracht gezoge über die dadurch herbeigeführten Aenderungen der Röhre g Voraussetzungen gemacht hat, welche eine geringe Modificati Resultates veranlassen. Man bedarf dieser Voraussetzunge Modificationen aber nicht, wenn man für f denjenigen Werth der noch keine merkliche Ausdehnung des Materials hervor und überdies ist eine groſse Schärfe der Rechnung auch zwe da die Constante f wegen der Verschiedenartigkeit des Ma doch niemals genau bekannt ist.

Die geringste Wandstärke, die man im Gusse darstellen ist etwa ein Viertel Zoll, und mit dieser würde eine Röhre von Weite einem Wasserdrucke von 2900 Fuſs, von 12 Zoll Weit noch einem Drucke von 1450 Fuſs Widerstand leisten, wenn 16000 angenommen wird. Die Erfahrung zeigt jedoch, da Röhren diese Festigkeit wirklich nicht besitzen, weil der Guſs überall rein, noch auch gleichmäſsig genug ausfällt. Dazu k noch, daſs eine zufällige Schwächung durch Rost oder in a Art leicht erfolgen kann, und daſs nicht der todte Druck des sers allein die Ursache des Bruches der Röhren ist, sondern i höherem Grade der Stoſs der bewegten Wassersäule beim Schl

Ventiles, wodurch ein Effect ähnlich dem des Stofshebers her-
bracht wird. Bei der mehrfach erwähnten Anlage zu Toulouse
d'Aubuisson die geringste Wandstärke zu 10 Millimeter oder
Rheinländisch an, und dieselbe behielt er bis zur Röhren-
von 4,5 Zoll bei. Betrug die lichte Weite indessen mehr, so
er die Wandstärke gleich drei Hunderttheilen der lichten Weite
Millimeter (3½ Linien). Er erwähnt dabei, dafs er im Allge-
der Regel gefolgt sei, die Wandstärke im metrischen Maafse
anzunehmen, dafs

$$\varepsilon = 0{,}01 + 0{,}015 \,.\, d$$

im Rheinländischen Zollmaafse

$$\varepsilon = 0{,}38 + 0{,}015 \,.\, d$$

gen giebt Th. Wicksteed *) an, dafs die Röhren, die er in Lon-
verlegen liefs

bei 18 Zoll Weite ¼ Zoll stark
- 5 - - ½ - -
- 3 - - ¾ - -

wären. Leitet man hieraus eine ähnliche Formel ab, in-
man die wahrscheinlichsten Werthe der Constanten aufsucht,
det man nach der Reduction auf Rheinl. Zollmaafs

$$\varepsilon = 0{,}41 + 0{,}013 \,.\, d$$

Bei Röhren von mäfsiger Weite pflegt man indessen noch schwä-
Wandstärken zu wählen, was auch zulässig ist, sobald man
ten kann, dafs der Gufs mit Sorgfalt und mit Verwendung
gutem Material ausgeführt ist.

Darcy berücksichtigt den auffallenden Unterschied der Festig-
zwischen den horizontal und vertikal gegossenen Röh-
, und entscheidet sich unter Zugrundelegung eines Druckes von
tmosphären, für die durch nachstehende Ausdrücke bezeichneten
dstärken, die ebenso, wie die Weiten der Röhren auf Rheinlän-
hes Zollmaafs übertragen sind. Für horizontal gegossne Röhren

$$\varepsilon = 0{,}38 + 0{,}020 \,.\, d$$

für vertikal gegossene

$$\varepsilon = 0{,}31 + 0{,}016 \,.\, d.$$

In früherer Zeit war man nicht im Stande schwächere Wandstär-
, als von 1 Zoll, darzustellen, auch glaubte man die Länge jeder

*) *Civil Engineer and Architects Journal* 1838. *p.* 242.

einzelnen Röhre auf 3 Fuſs beschränken zu müssen. Als man jede anfing, die Röhren ohne Rücksicht auf die übermäſsige Wandstä nur nach den Längen zu verdingen, und allein die Innehaltung d bestimmten Weite, sowie die Widerstandsfähigkeit gegen einen g wissen Druck forderte, so wurden die Hüttenbesitzer in ihrem eig nen Interesse dahin geführt, einen feinen und dabei fehlerfreien Gu darzustellen. Indem aber die Concurrenz bald den Preis in de selben Maaſse herabdrückte, wie das Gewicht der Röhren vermi dert war, so hatten die Anlagekosten für gufseiserne Röhrenleitung sich bald auf die Hälfte und den dritten Theil des früheren Betrag vermindert, wozu noch kam, daſs die Hüttenbesitzer sich auch b mühen muſsten, die einzelnen Röhrenstücke recht lang zu mache denn die Ränder und sonstigen Vorrichtungen zur Verbindung wurd nicht besonders bezahlt. Die Röhren hatten hierdurch aber keine wegs an Güte verloren, vielmehr durch die Einführung des Verfa rens, daſs jedes einzelne Stück mit der hydraulischen Presse gepr wurde, wesentlich gewonnen.

Wenn die Röhren nach der früheren Art **horizontal** oder ! gend **gegossen** werden, so muſs das glühende Eisen in der schm len Spalte, welche der Stärke der Röhrenwand entspricht, sich v seitwärts verbreiten, wobei es sich leicht abkühlt, und dadurch v hindert wird, eine gleichmäſsige und dichte Masse zu bilden. Di kommt noch, daſs es in diesem Falle, wenn es auch dünnflü eingedrungen ist, keinem starken Drucke ausgesetzt werden ka Aufserdem geschieht es nicht selten, daſs bei gröſseren Längen a der Kern durchbiegt, den man, um dieses zu vermeiden, durch E zen stützt. Dieselben verbinden sich zwar sehr fest mit dem Gu eisen, doch bilden sich daneben auch leicht undichte Stellen. D vortretenden Enden werden später sowol auf der innern, wie äufsern Seite der Wand abgeschnitten.

Beim **vertikalen** Gufse verschwinden die erwähnten Ue stände. Mit demselben Krahne werden centrisch übereinander die d Formkasten und darauf in diese der Kern versenkt, der im Bo des untern Formkastens schon sein richtiges Lager findet und ol genau eingerichtet werden kann. Das Eisen flieſst hier senkre herab und zwar für den untern Theil unter starkem Drucke. Aug scheinlich werden hierdurch viele Fehlerquellen umgangen, und m darf bei diesen Fabrikaten eine gröſsere Vollkommenheit voraussetz

bei den nach der ersten Art dargestellten. Es wäre nur noch zu bemerken, dafs die Röhren gewöhnlich 9 Fufs lang sind, und dafs die kleinen Verstärkungen, die sie gemeinhin in Abständen von 1' haben, nur die unvermeidlichen Unregelmäfsigkeiten an den Enden verdecken sollen, wo zwei Formkasten sich berühren.

Nachdem die Röhren aus den Formen genommen und gereinigt sind, pflegt man die untern Enden noch mit dem Hartmeifsel zu putzen, damit hier nicht etwa Unebenheiten bleiben, die bei der Zusammensetzung grofse Oeffnungen bilden, durch welche das Tauwerk, welches zum Dichten gebraucht wird, in die Röhre dringen könnte.

Bei Abnahme der Röhren verwirft man

1) alle, welche Risse, Blasen und überhaupt einen unreinen Gufs zeigen,
2) die an dem einen oder dem andern Ende eine sehr ungleiche Wandstärke zu erkennen geben. Nach Génieys darf man nur einen Spielraum von etwa 1 Linie gestatten.
3) diejenigen, an welchen man nicht einen kreisförmigen, sondern einen elliptischen Querschnitt, entweder in der innern oder der äufsern Oberfläche bemerkt, und endlich
4) alle Röhrenstücke, welche bei der Probe mit der hydraulischen Presse entweder springen, oder das Wasser in feinen Strahlen oder auch nur durch merkliches Ausschwitzen entweichen lassen.

Wenn gutes Eisen angewendet und der Gufs mit der gehörigen Vorsicht in richtig aufgestellten Formen ausgeführt ist, auch sonst keine Zufälligkeiten dabei eingetreten sind, so ist die Festigkeit der Röhre bei der angegebenen Wandstärke so grofs, dafs der Druck einer Wassersäule von mehreren hundert Fufs Höhe keinen Bruch herbeiführen kann. Der Zweck der Probe ist daher nur die Ermittelung der zufällig dabei vorgekommenen gröfseren Unregelmäfsigkeiten und der besonders schwachen Stellen. D'Aubuisson, der bei der Wasserleitung zu Toulouse nur eine Druckprobe von 30 Meter anwendete, giebt den Rath, denselben auf 100 Meter oder 10 Atmosphären zu verstärken. Dasselbe empfiehlt Génieys. Die Röhren der New-River Wasserleitung wurden wirklich auf 300 Fufs geprüft und diejenigen, welche Jardine in Edinburg verlegen liefs, die einen Druck von mehr als 300 Fufs auszuhalten haben, sogar auf 800 Fufs. Die Probe läfst sich am bequemsten auf der Hütte selbst anstellen

und dieses wird von den Lieferanten auch immer gewünscht, wird aber von allen Beschädigungen abgesehn, die beim Tr und namentlich beim Auf- und Abladen vorkommen.

Die Prüfung erfolgt mittelst der hydraulischen P Dieselbe bedarf hier keiner Beschreibung, wohl aber ist der A worin die Röhren eingespannt werden, näher zu bezeichnen. F zeigt ihn in der Ansicht von der Seite und Fig. 95 b von oben einem hölzernen Rahmen, der zugleich die hydraulische Pres ist eine starke gufseiserne Platte *A* senkrecht aufgestellt u Schraubenbolzen befestigt, durch sie tritt das Druckrohr *D* d draulischen Presse hindurch. Zwei eiserne Zugstangen *BC* gleichfalls durch diese Platte und werden durch Vorsteckbolzen gehalten. Eine zweite ebenso hohe gufseiserne Platte *E* steht weitere Befestigung lose auf dem Rahmen und läfst sich hi herschieben, indem sie nur durch die beiden Zugstangen *BC* g wird. Hinter der letzten Platte befindet sich ein gufseiserner *F*, durch welchen die beiden Zugstangen gleichfalls hindurch und den sie mittelst Schraubenmuttern halten. In der Mitte Riegels bewegt sich die starke Schraube *G*, welche die zweite P gegen die erste *A* preſst. Man legt die zu prüfende Röhre au sende Unterlager *H*, so dafs die Achse der Röhre parallel mit beiden Zugstangen und zwar in deren Mitte trifft, auch mufs weder höher noch tiefer als diese liegen. In diesem Falle trifft Schraube *G* und das Druckrohr *D* gleichfalls in die Achse Röhre. Alsdann dreht man die Schraubenmuttern am Ende Zugstangen so weit, dafs der Riegel *F* nicht weit von dem Ende Röhre entfernt ist, legt starke Lederringe oder geflochtene Kr aus Hanf an beide Enden der Röhren und schiebt die Platten und *E* dagegen. Indem man zuletzt noch die Schraube *G* fest zieht, so ist die Röhre sicher geschlossen, und wenn sie auch beiden Enden nicht ganz parallel abgeschnitten sein sollte, so lä die beiden Platten sich doch weit genug neigen, um einen gen Schlufs hervorzubringen. Nunmehr kommt es darauf an, die R mit Wasser anzufüllen. In der Platte *E* befinden sich zu die Zwecke verschiedene Paare von Oeffnungen, die mit Schrauben vorgelegten Lederringen fest geschlossen werden können. Man öf zwei derselben, die noch in die Röhre, jedoch möglichst nahe ihren obern Rand treffen. In die eine stellt man den gekrümm

eines Trichters, durch welchen man Wasser eingiefst, die
ent zum Entweichen der Luft. Es bedarf kaum der Erv
füllung vollständiger geschieht, und weniger Luft in der Röhre
ibt, wenn der Rahmen nicht ganz horizontal, sondern etwas
erlegt wird. Kann man kein Wasser mehr hineintreiben, so
man beide Oeffnungen und setzt die hydraulische Presse in
g. Das Sicherheitsventil ist auf den Druck von 10 Atmo-
beschwert, und man pumpt so lange, bis dieses wiederho-
ufspringt. Wenn die Röhre durch diesen Druck nicht be-
wird, noch auch Wasser durchläfst, so ist sie in dieser
g tadelfrei. Am häufigsten pflegen undichte Stellen sich da
, wo man den Kern mit dem Formkasten durch eiserne
erbunden hatte.

Zusammensetzung der gufseisernen Röhren versah man
ie auch jetzt noch zuweilen geschieht, jedes einzelne Stück
n Ende mit einem vorstehenden Rande oder Flansch,
ch nach Maafsgabe der Weite der Röhre 4 bis 8, auch
ch mehr Löcher befanden, durch die man eben so viele
nbolzen einzog, Fig. 96 zeigt diese Verbindung. Um aber
hörig wasserdichten Schluſs zu bewirken, ist dieser Rand
rch eine Ebene, sondern durch eine flach conische Fläche
. Eine ringförmige Bleiplatte, an welche sich auf jeder
ie getheerte Tuch- oder Lederscheibe anschliefst, legt man
Stofs zweier Röhren und zwar innerhalb der Schrauben-
wodurch beim Anziehn der Muttern ein sehr dichter Schluſs
er innern Röhrenwand erfolgt, ohne daſs die äufsern Ränder
nder in Berührung kommen. So fest die auf solche Art
llte Verbindung auch ist, und wie sehr sie sich auch zur
ensetzung von Maschinentheilen eignet, so ist sie für einen
Röhrenstrang, dem man gern einige Biegsamkeit giebt, nicht
. Aufserdem kann man hierbei die Wandstärke nicht in der Art
ern, wie dieses oben angegeben ist, weil sonst zwischen ihr
n Rande (der eine gröfsere Stärke erhalten mufs) wegen der
förmigen Erkaltung leicht ein Bruch erfolgt. Endlich ist die
ung wegen der vielen Schraubenbolzen auch kostbar, und
m so mehr, als die einzelnen Röhrenstücke, wenn sie in die-
und in der gröfseren Wandstärke gegossen werden, gemein-
3 Fufs lang sind.

In neuerer Zeit ist man von dieser Verbindungsart abgegang
giebt dafür jeder Röhre an einer Seite einen erweiterten Hal
welchen das Ende der folgenden Röhre eingreift, wie Fig. 97
Auf solche Art fassen die Röhren 4 bis 6 Zoll übereinander, u
freie Zwischenraum, dessen Weite etwa der Wandstärke der
gleichkommt, wird zur halben Länge mit aufgelockertem T
angefüllt und ausgestampft. Nachdem dieses geschehn, wi
Mündung der Fuge mit Lehm geschlossen und der übrige Ra
Blei ausgegossen. Endlich schlägt man mit einem pa
Eisen in den Bleiring eine Furche um den letzteren sowol a
innere, als an die äufsere Röhrenwand anzutreiben und ihm d
die nöthige Wasserdichtigkeit zu geben. Dieser Schluſs gewä
Vortheil, daſs der Röhrenstrang etwas Biegsamkeit behält u
bei Temperaturveränderungen auch etwas ausziehn kann.

Diese Art der Zusammensetzung vergröſsert in zweifach
ziehung die Kosten für die Anlage einer Röhrenleitung, n
zunächst verlängert sich jeder Theil derselben um den erw
Hals, dessen Länge bei weiteren Röhren 6 Zoll mifst, und sich
füglich vermindern läfst. Wollte man letzteren auf 2 oder
reduciren und den Zwischenraum unmittelbar vergieſsen, so
das Blei zwischen den unebenen Gufsflächen hindurch in die
treten. Um dieses zu verhindern ist der Schluſs mit Werg n
umgehn. Sodann ist aber auch die groſse Quantität Blei, d
darüber bringen muſs, nicht ohne Einfluſs auf die Kosten. E
deshalb in neuerer Zeit verschiedene Versuche mit andern
dungs-Arten gemacht worden, die nach den darüber veröffen
Mittheilungen zu günstigen Resultaten geführt haben.

Die Unebenheiten der Gufsflächen sind durch Abdrehn
den Röhren-Enden leicht zu beseitigen, und indem dieses
einzelnen Stücken einer Leitung sich wiederholt, so sind die
dafür nicht bedeutend. Dadurch wird aber ein so dichter
dargestellt, daſs ein Hindurchflieſsen des Bleies verhindert wi
sonach die Dichtung mit Werg entbehrt und in entsprec
Maafse auch die Länge des Halses verringert werden kann
ist dabei in manchen Englischen Städten aber noch weiter ge
indem man selbst das Vergieſsen mit Blei unterlassen und ei
Dichtungen angewendet hat. Zu diesem Zwecke war es ab
wendig, nicht nur scharfe Ränder, sondern Flächen von m

ur unmittelbaren Berührung zu bringen, und dieses liefs sich
rreichen, indem man die Enden der Röhren nach übereinden concaven und convexen Kegelflächen abdrehte. Wurden
n polirt, so stellten sie ohne irgend welche Zwischenlage
den dichten Schlufs dar. Bei Temperatur-Veränderungen
erselbe jedoch auf, auch brachen Stücke von der umschlies-
Röhre aus, sobald irgend eine Senkung eintrat, und selbst
legen der Röhren machte grofse Schwierigkeit, da die Kegel-
gar keine Abweichung von der durch sie bestimmten Rich-
statteten. Sobald ein Röhrenstück angesetzt und scharf ein-
n wurde, so nahm es sowol horizontal, wie vertikal diese
g an, und der Strang wurde vollkommen steif.

i den in neuerer Zeit in Liverpool verlegten Röhren hat man
lie Breite der Kegelfläche bis auf die Wandstärke der Röhren
, und in dem eingeschobenen Theile sogar in der äufsern
eine etwas flachere Kegelfläche gewählt, woher die Berüh-
r in sehr geringer Breite erfolgt, und dadurch die Möglich-
boten ist, die Richtung zu verändern. Der dichte Schlufs
durch aufgelockertes Tauwerk dargestellt, das man vorher
fsem Theer tränkte, und wie beim Abdichten eines Schiffes
. Diese Verbindungs-Art soll den Erwartungen vollständig
chen, und bei Temperatur-Veränderungen, wie auch bei zu-
Versackungen zu keinen Wasser-Verlusten Veranlassung ge-
n haben.

Frankreich hat eine andre Art der Verbindung, die sich aus
auf Taf. III ergiebt, vielen Beifall gefunden. Nach ihrem
r wird sie das System von Doré genannt. Der eingeschobene
ler Röhre schliefst mit einer Kugelfläche, gegen welche der
rze Hals der andern Röhre mit einer scharfen Kante sich
Indem die Figur alle Theile in dem richtigen Maafse zeigt,
rf die ganze Anordnung keiner weitern Beschreibung, und
nur darauf aufmerksam zu machen, dafs der äufserste Theil
lses auf der innern Seite nicht cylindrisch, sondern etwas
ausgedreht ist, und zwar so, dafs sein Durchmesser in der
g sich etwas verengt. Dieses geschieht, um dem darin be-
n Blei mehr Haltung zu geben. Das Blei wird gewöhnlich
sen, doch hat man auch versucht, passende Bleiringe einzu-
und durch stumpfe Meifseln sowol gegen die Kugelfläche,

als gegen den Hals fest anzutreiben. Dieses soll auch in gut der Weise geglückt sein und wesentliche Erleichterung beim V legen der Röhren geboten haben.

Es ist nicht zu verkennen, dafs Röhrenstränge dieser Art o Nachtheil bedeutende Krümmungen beschreiben können und ei hohen Grad von Flexibilität auch später behalten. Ihre Kosten len sich wegen der geringeren Länge des Halses wohlfeiler als der gewöhnlichen Röhren und überdiefs tritt beim Umlegen Aufnehmen der Röhren noch der wesentliche Vortheil ein, dafs schmale Bleiring leicht ausgeschmolzen werden kann, und die sch rige Beseitigung des eingetriebenen Tauwerks ganz umgangen w

Die landwirthschaftliche Gesellschaft der Sarthe unterzog in dieser Art verbundenen Röhren verschiedenen Proben. Es w den Stränge von 280 Fufs Länge dargestellt und an beiden En sicher gestützt, damit der starke Druck sie nicht auseinander tr ben möchte. War das Blei eingegossen, so blieb der Schluss d unter dem Drucke von 10 Atmosphären noch vollkommen di Bei eingeklopften Bleiringen schwitzte dagegen schon unter 6 At sphären Druck etwas Wasser aus den Fugen, und wie der Dr sich verstärkte, nahm der Wasserverlust zu. Bei 13 Atmosphä wurde endlich ein Bleiring ganz herausgedrückt.

Eine andre Art der Dichtung der Stöfse von gufseisernen R ren, die man in früherer Zeit vielfach benntzte, besteht in der wendung des beim Zusammensetzen von Maschinen gebräuchli Eisenkittes, der in den erweiterten Hals gestrichen wird. D selbe besitzt die Eigenschaft, dafs er beim Erhärten sich etwas dehnt, indem die blanken Eisenfeilspähne oxydiren. Es bedarf k der Erwähnung, dafs dieser Kitt eine absolut steife Verbindung stellt, und der Strang durch ihn die Flexibilität vollständig verli

Endlich kann man solche Röhren, die am Ende ineinander fen, auch durch hölzerne Keile dichten *), und diese Verbin gewährt nicht nur den Vorzug einer geringen Flexibilität, son sie ist auch mit einer ansehnlichen Kostenersparung verbunden. Leitungsröhren zu Norwich waren seit 40 und die zu New C upon Tyne seit 50 Jahren auf diese Art zusammengesetzt, als W steed ums Jahr 1830 dasselbe Verfahren auch bei der East-Lo

*) *The Civil Engineer's and Architect's Journal. Vol. I. p.* 242.

leitung in Anwendung bringen wollte. Dafs es wohlfeiler war, nen Zweifel und über die Dauer und den dichten Schlufs der Vergsart gaben die bereits gemachten Erfahrungen volle Sicherheit. ieb nur zweifelhaft, ob bei dem starken Drucke von 100 Fufs darüber die Keile herausgetrieben werden möchten, was von n besorgt wurde. Ein deshalb angestellter Versuch, wobei Röhren 18, 5 und 3 Zoll Weite auf diese Art verbunden wurden, indessen den Ungrund einer solchen Besorgnifs. Der Druck le jedesmal bis 712 Fufs Rheinländisch gesteigert, und kein Keil ng heraus und überhaupt zeigte sich keine Undichtigkeit. Hierauf hmigte die Gesellschaft den Vorschlag, und die sämmtlichen Leiröhren, die im Ganzen 22 engl. Meilen lang waren, wurden in r Art verbunden. Die Verbindung zeigte sich als sehr dauernd und die Reparaturen waren geringer, als beim Blei oder beim hkitt. Nach der Vergleichung, die Wicksteed mittheilt, ist das hältnifs der Kosten der drei Verbindungsarten, nämlich mit Blei, Eisenkitt und mit Holzkeilen durchschnittlich wie 3 zu 2 zu 1. ßeren Röhren ist der Vortheil der Holzkeile noch bedeutender, gegen aber wegen der schwierigeren Arbeit merklich geringer, ch auch bei den 3 Zoll weiten Röhren erspart man gegen Blei ch die Hälfte.

Das Verfahren bei der Anfertigung und Einbringung der Holzle ist folgendes: man schneidet Kiefernstämme (*Danzig fir*) in Zoll lange Klötze und spaltet sie mit der Axt in Stücke von etwa Zoll Breite und $\frac{1}{4}$ Zoll Stärke, sie werden auf der Schneidebank mit em Schneidemesser, das die Rundung der innern Röhre hat, auf der n Seite concav cylindrisch geformt, auf der äufseren Seite aber mit em flacheren Schneidemesser durch kegelförmige Flächen nach beiEnden zugeschärft. Fig. 98 Taf. VII stellt diese Doppelkeile in vordern Ansicht und im Längen- und Querdurchschnitte dar. Alsn sägt man sie in der Mitte auseinander, so dafs jedes Stück zwei le giebt. Man stellt sie im Kreise in die zu schliefsende Fuge, und n sie nicht den ganzen Raum füllen, so spaltet man von einem le so viel ab, bis er sich an die beiden nächsten anschliefst. Nunr hält der Arbeiter ein passendes Holz darüber und schlägt mit Hammer immer im Kreise herum, so dafs alle Keile gleichmäfsig bringen. Ist er nicht im Stande sie ganz hineinzubringen, so d der noch vorstehende Theil abgeschnitten. Am Schlusse jedes

Tagewerkes füllt man den frischgelegten Theil mit Wasser u ihn demjenigen Wasserdrucke aus, den er später erleiden ka bequemsten ist es, wenn man das Ende der letzten Röhre ve und das Wasser aus dem Speisebassin hineintreten läfst. Man sucht dabei sorgfältig jeden Stofs, und wenn einer derselben dicht ist, so werden darin später noch schmale feine Keile trieben, wie Fig. 99 zeigt.

Sind die Röhren in der Art verbunden, dafs jede in den e terten Hals der nächsten eingreift (Fig. 97), so läfst sich ei zelne Röhre nicht ausnehmen und durch eine andre er man mufs vielmehr dieselbe zerschlagen, und die dafür spät zulegende in andrer Art mit der folgenden verbinden. Letztere schieht mittelst der übergeschobenen Muffe, die auch vi bei neuen Leitungen in Abständen von 100 bis 300 Fufs angel wird, um bei vorkommenden Auswechselungen Endpunkte z winnen, von welchen ab der Strang sich in seine einzelne zerlegen läfst. Die Muffe besteht aus einem gufseisernen Ring der doppelten Länge des gewöhnlichen Halses, und wird, wie Fi zeigt, über den Stofs zweier Röhren geschoben und in gleicher abgedichtet, wie sonst in dem erweiterten Halse geschieht, d fehlt.

Bei gufseisernen Röhren lassen sich Abzweigungen un dem beliebigen Winkel leicht anbringen, indem die passenden selstücke, deren eines Fig. 101 Taf. VIII im Durchschnitte besonders gegossen werden. Man pflegt solchen Stücken gewö keine grofse Länge zu geben, weil ihr Gufs dadurch zu sch werden würde. Ebenso werden Röhrenstücke, welche Krümmen bilden sollen, besonders gegossen, und wenn man diese mäfsige Länge giebt, so kann man durch sie und dazwisch schobene gerade Stücke jede beliebige Curve darstellen. D'A son gab ihnen die Länge von 3 Fufs und ihre Krümmung ent einem Winkel von 15 Graden, oder ihr Krümmungshalbmess trug etwa 11½ Fufs. Der Einfluſs dieser Krümmung auf d wegung des Wassers war unmerklich.

Von der Verbindung der gufseisernen Röhren mit höl ist schon früher die Rede gewesen. Die Verbindung mit b nen Röhren stellt Fig. 102 dar. Man erweitert die Bleiröl einem Ende, so dafs sie einen aufgebogenen Rand erhält und

starken Ring aus Schmiedeeisen darüber, der gegen den Rand gufseisernen Röhre mit Schraubenbolzen befestigt wird. Diese indungsart kommt in Paris häufig vor, indem bei kleineren Lei- en die Krümmungen gewöhnlich durch Bleiröhren gebildet wer-

Will man aber schwache Bleiröhren von den gufseisernen ab- igen, so wählt man die Verbindungsart, die Fig. 103 *a* in der enansicht und Fig. 103 *b* im Querschnitte gezeichnet ist. An das le der Bleiröhre wird ein breiter Rand, der gleichfalls aus Blei teht, angelöthet. Diesen biegt man nach der Krümmung der eisernen Röhre, an welche er sich anschliefsen soll, und zwischen le legt man einen getheerten Lederring. Alsdann wird die Hälfte r ringförmigen Zwinge aus Schmiedeeisen mit der darin ange- achten Oeffnung auf die Bleiröhre gezogen, ein Lederring dazwi- en gelegt, und sobald man die Schrauben, welche sie mit der ern Hälfte verbinden, anzieht, so preſst sich jener Bleirand genau ichend an den äufsern Umfang der gufseisernen Röhre.

Unter den Nebentheilen einer eisernen Röhrenleitung müssen nächst die Hähne erwähnt werden. Fig. 104 *a* und *b* zeigt einen hen in der Seitenansicht und im Durchschnitte. An die Röhre t ein Kegel, der sie senkrecht durchschneidet, angegossen, und in esem befindet sich der gleichfalls kegelförmig gestaltete Hahn. tzterer besteht gewöhnlich aus Gufseisen, und ist mit einer cy- drischen Oeffnung versehn, die der Weite der Röhre gleichkommt, daſs keine Verengung des Querschnittes erfolgt, sobald der Hahn nz geöffnet ist. Daſs der Hahn und ebenso auch die conische Oeff- ng genau abgedreht und abgeschliffen sein müssen, darf kaum er- hnt werden, der mittlere Durchmesser des Hahns muſs sich aber r lichten Weite der Röhre mindestens wie 5 : 3 verhalten, weil nst ein sicherer Schluſs nicht erfolgen kann. Endlich ist noch rauf aufmerksam zu machen, daſs der Kegel, den der Hahn bil- t, nicht zu spitz, auch nicht zu stumpf sein darf, denn im ersten alle erschwert ein starkes Klemmen die Bewegung, und im letzten t der Schluſs nicht hinreichend dicht. Man wählt gemeinhin eine egelform, wobei der Durchmesser der Grundfläche dem siebenten n fünften Theile der Höhe gleichkommt. Um das Heben des ahns zu verhindern, ist derselbe unten mit einer Scheibe versehn, e entweder, wie hier gezeichnet, durch einen Keil gehalten wird, der dieses geschieht mittelst einer oder mehrerer Schrauben. Die

Scheibe darf indessen die untere Fläche des Hahns nicht unmittelbar berühren, damit sie, wenn es nöthig ist, schärfer angezogen werden kann, auch mufs sie so befestigt sein, dafs sie sich mit dem Hahne zugleich dreht, weil sie sich sonst lösen würde. Der untere Zapfen des Hahns ist daher viereckig. Die Drehung wird dem Hahne auf die einfachste Weise mittelst eines eisernen Hebels ertheilt.

Wie unentbehrlich die Hähne bei Wasserleitungen auch sind, so kann man sie doch nur bei engeren Röhren in Anwendung bringen, weil sie sonst eine zu starke Reibung der Bewegung entgegensetzen. Schon bei 6 Zoll weiten Röhren kommen sie selten vor und sind alsdann schwer zu bewegen. Bei der Wasserleitung in Toulouse benutzte man sie nur bei Röhren, die weniger als 4½ Zoll im Durchmesser hielten. Girard brachte dagegen bei den Leitungen in Paris, die durch den Ourcq-Canal gespeist werden, die Aenderung an, dafs er auf den obern Zapfen des Hahns ein gezahntes Rad befestigte, welches durch zwei einander gegenüberstehende Getriebe mittelst Curbeln bewegt wird. Wenn beide Curbeln gleichmäfsig angezogen werden, so verursachen sie keinen vermehrten Druck gegen die Seitenfläche des Hahns und sonach auch nicht die Reibung, welche eine einzelne Curbel veranlassen würde. Aufserdem brachte Girard sowol über, als unter dem Hahne und zwar in der Achse desselben noch Schrauben an, mittelst deren der Hahn gehoben oder gesenkt und dadurch so gestellt werden konnte, dafs er, ohne zu stark zu klemmen, doch gehörig schlofs. Endlich war der Hahn, der aus Glockenmetall bestand, hohl gegossen. Auf diese Art benutzte Girard die Hähne noch bei Röhren, die beinahe 10 Zoll im Durchmesser hielten.

Bei weitern Röhren ist der Hahn nicht mehr zu gebrauchen, und unter den Vorrichtungen, die man alsdann wählt, um den Durchfluſs zu sperren, ist besonders das Schiebeventil zu erwähnen, welches Fig. 105 *a*, *b* und *c* in der Seitenansicht und im Längen- und Querdurchschnitte zeigt. Zur Erklärung dieser Figuren darf nur erwähnt werden, dafs die Bewegung durch eine Schraube erfolgt, deren Kopf durch eine Stopfbüchse geht, die also neben sich kein Wasser durchfliefsen läfst. Sie faſst nicht unmittelbar den umgebogenen Rand des Schiebers, sondern eine in denselben lose eingesetzte Mutter, wodurch diese etwas Spielraum erhält, und weniger

st ein Klemmen eintritt, wenn auch die Stopfbüchse scharf an-
gen ist.

Das Schiebeventil selbst besteht häufig aus Messing oder Glok-
netall, in neuerer Zeit pflegt man indessen die Anwendung andrer
lle neben dem Eisen zu vermeiden, weil dadurch die Oxydation
dert wird, und stellt den ganzen Apparat aus Schmiede- und
isen dar, wodurch er zugleich wohlfeiler wird. Noch ist zu
rken, dafs der wasserdichte Schlufs sich nur darstellt, wenn
Wasserdruck in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung (Fig.
b) wirkt.

Zuweilen ist es nöthig, auch das Zurückfliefsen des Wassers
rhindern, dieses wäre etwa der Fall, wenn man abwechselnd
h dieselbe Maschine zwei Leitungen speist, von denen die eine
höher liegt, als die andre, und jene daher in diese sich entlee-
würde. Man bringt alsdann das Fig. 106*a* und *b* in der Sei-
nsicht und im Durchschnitte dargestellte Klappenventil an,
en Einrichtung sich aus der Figur vollständig ergiebt.

Eine besondere Erwähnung verdient endlich noch die Art, wie
die Mündung einer Röhrenleitung öffnet oder schliefst.
ei können Kegel- und Klappenventile gebraucht werden, die sich
lst einer einfachen Vorrichtung von oben aus bewegen lassen.
der Speisung der Pariser Wasserleitung aus dem Ourcq-Canal
ntzte Girard hierzu kupferne Röhren, die unten das Kegelventil
eten. Die Figuren 107*a* und *b* zeigen sie im Längendurch-
nitte und in der Ansicht von oben. Sieben Stück gekrümmte
eiserne Röhren von 10 Zoll Durchmesser schöpfen das Wasser
ter Tiefe von 5 Fufs unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel des
ins la Villette. Ihre Mündungen sind conisch und zwar nach
Form des contrahirten Strahles ausgeschliffen. Senkrecht über
n schweben eben so viele Röhren aus Kupferblech, jede 6½ Fufs
g*), die man durch eiserne Hebel heben und senken kann, da-
diese Röhren aber immer in der Achse der Einflufsmündung
iben, so sind die Ketten, an welchen sie hängen, um eiserne Bogen
vordern Ende der Hebel geschlungen. Jede Röhre ist endlich
ch drei eiserne Ringe im Innern verstärkt und hat unten einen
rken messingenen Ring, der genau an die aufwärts gerichtete Mün-

*) Die Figur ist, um die einzelnen Theile noch deutlich darzustellen,
s verkürzt.

dung des Schöpfrohres sich anschliefst. Durch diese Vorrichtung erreicht man den wichtigen Vortheil, dafs beim schnellen Schluss die Wassermenge, die in der Röhre sich bewegt, nicht plötzlich zur Ruhe kommt, wobei die Gefahr eines heftigen Stofses, wie bei einem Stofsheber, eintreten würde. Die messingene Röhre ist nämlich oben offen, und sobald sie den Zutritt des Wassers sperrt, so schöpft sie noch Luft und das Wasser in der Leitung kann in Folge seines Trägheits-Momentes die Bewegung fortsetzen, bis es beim abnehmenden Drucke zur Ruhe kommt oder rückwärts fliefst.

Auch in gufseisernen Wasserleitungen dürfen Luftspunde nicht fehlen, bei der gröfsern Vorsicht im Verlegen der Röhren und Auffangen des Wassers befinden sie sich hier aber gemeinhin in gröfsern Abständen, als für die hölzernen Röhren angegeben ist. Wo die Localität es erlaubt, kann eine dünne Bleiröhre, die bis über das Niveau des Speisebassins heraufreicht, als Luftrohr dienen. Ein solches bedarf keiner weiteren Beaufsichtigung, doch findet sich zur Anbringung desselben nur selten Gelegenheit. Am häufigsten wird eine kurze, aufwärts gerichtete Zweigröhre von Gufseisen angebracht, deren oberes Ende durch einen Hahn geschlossen ist. Beim Anlassen der Röhren und auch zuweilen während des Betriebes öffnet man diesen Hahn, schliefst ihn aber, sobald Wasser ausströmt. Man kann statt des Hahns auch ein Kegelventil anbringen, das gemeinhin in diesem Falle sich nach unten öffnet und an einem hervorragenden Stiele herabgedrückt wird. Zuweilen verbindet man auch dieses Ventil mit einem Schwimmer, der so eingerichtet ist, dafs er sich nach Bedürfnifs von selbst öffnet und schliefst. Fig. 108 zeigt ein solches Ventil, das in Edinburg ausgeführt ist, und zwar ist *a* die Seitenansicht und *b* der Querschnitt. Das Ventil ist hier geöffnet dargestellt. Sein Stiel wird theils durch die Oeffnung im Boden der messingenen Büchse, worin die Ventilöffnung sich befindet, und theils unter dem Schwimmer durch einen Ring gehalten, welcher durch drei Arme sich mittelst Schrauben so stellen läfst, dafs das Ventil genau die Oeffnung trifft. Wenn die Röhre leer ist, ruht der Schwimmer auf dem erwähnten Ringe und beim Eintreten des Wassers findet die Luft durch die Ventilöffnung einen freien Ausgang. Sobald aber das Wasser die Leitungsröhre gefüllt hat und in die senkrechte Ansatzröhre steigt, so hebt es den Schwimmer und mit ihm das Ventil. Letzteres wird also von selbst geschlossen,

ild die Luft entfernt ist. Auch die Luft, welche während des riebes der Leitung sich im Cylinder sammelt, giebt Veranlassung, der Schwimmer von selbst herabfällt. Alsdann öffnet sich das til so lange, bis das Wasser wieder in die Röhre tritt. Diese te Art ihrer Wirksamkeit erfolgt indessen nicht, wenn der Druck grofs ist, dafs die Spannung der Luft unter dem Ventile dasselbe t. Es kommt auch noch der Uebelstand hinzu, dafs solche Ven- sich oft fest ansaugen. Man mufs sie daher von Zeit zu Zeit bstofsen, indem sie aber auf diese Art sich nicht selbst überlassen en dürfen, so wendet man statt ihrer gewöhnlich Hähne an.

In den tiefsten Stellen der Leitungen, oder wo man sonst ein es Absetzen von Sand oder Schlamm besorgt, bringt man in ntern Flächen der Leitungsröhren kurze Ausgufsröhren an, it Hähnen geschlossen sind. Durch diese werden die Nieder- e sicher und leicht entfernt, man mufs jedoch dafür sorgen, as herausstürzende Wasser auch freien Abflufs findet.

m zu verhindern, dafs die Röhre beim schnellen Schliefsen Hahns oder einer Klappe nicht einen gar zu heftigen Stofs t, sind Luftventile, die sich von selbst öffnen, von grofsem . Oberhalb der Stelle aber, wo die Sperrung erfolgt, mufs

örig beschwertes Sicherheitsventil eingerichtet sein, das nach aufschlägt. Das sicherste Mittel, um solche Stöfse zu ver- , ist die Vorsicht, dafs man die Hähne oder ähnliche Vor- gen nur langsam schliefst. Bei den Schiebeventilen (Fig. 105) lert schon die Anwendung der Schraube eine zu schnelle Be- g.

enn die gufseisernen Röhren mittelst vorstehender Ränder mit r verbunden sind (Fig. 96), oder wenn sie in die erweiterten eingreifen (Fig. 97) und durch Eisenkitt gedichtet werden, so sie einen festen Strang, der eine Verlängerung oder Verkür- icht gestattet. Sind die Enden einer solchen Leitung, wie lich geschieht, eingemauert, so werden bei einer starken Tem- veränderung die Röhren in den Befestigungspunkten lose, auch dabei die Mauer und die Röhren werden undicht. Veranlas- iervon ist die Ausdehnung oder Verkürzung des Röhrenstran- rch Wärme oder Kälte. Nach Tretgold's Beobachtungen dehnt s Gufseisen bei der Erwärmung vom Gefrierpunkte bis zum unkte des Wassers um 0,00111 seiner Länge aus, dagegen hat

Girard die Ausdehnung durch Beobachtung der Compensationsstü in den Wasserleitungen zu Paris um den neunten Theil gerin gefunden. Hiernach würde eine Temperaturerhöhung um 16 Gra Réaumur, die man im Wasser des Ourcq-Canals bei Paris be achtet hat, den Röhrenstrang beinahe um den sechstausendsten Th verlängern, oder eine Röhre von einer Viertelmeile Länge wü sich ungefähr um einen Fufs ausdehnen. Um hierzu Gelegen zu geben, hat man besondere Compensationsstücke in den Le tungen angebracht, die sich verlängern und verkürzen können. Die ältere Methode zu ihrer Darstellung bestand darin, dafs ein g serner Reif von viel gröfserm Durchmesser als die Leitungsröhr zwischen zwei der letzteren concentrisch gestellt und durch zw dünne kreisförmige Kupferscheiben mit diesen verbunden wurde. S bildete sich auf solche Art in der Röhrenleitung ein kurzer, et weiter und hohler Cylinder, dessen beide Grundflächen nicht st sondern biegsam waren, und indem an diese die nächsten Röhr befestigt wurden, so bauchten die Grundflächen etwas aus, od drückten sich ein, ohne dafs dadurch ein Bruch oder eine Undi tigkeit entstand. Diese Vorrichtung war indessen wenig solide u konnte auch nur unter sehr mäfsigem Drucke benutzt werden, wo nur selten davon Gebrauch gemacht ist. Am häufigsten wendet m die Fig. 109, *a* und *b* in der Seitenansicht und im Durchschn dargestellte Compensation an. Es kann nämlich die Röhre *A* s in die Röhre *B* weiter hinein- oder aus derselben herausschieb und damit sie in jeder Stellung gehörig geschlossen ist, so bew sie sich in einer Stopfbüchse. Sie ist deshalb in der äufsern Flä abgedreht und polirt und wird von einem ringförmigen Polster umschlossen, das letzte liegt im Halse der Röhre *B* und lehnt s gegen den Ring *C*. Sobald das Polster nicht mehr schliefst, das Wasser neben demselben zu entweichen anfängt, so kann m mittelst der sechs oder acht Schraubenbolzen, welche durch den stehenden Rand der Röhre *B* und den Ring *C* gezogen sind, d näher zusammenbringen und dadurch das Polster schärfer anpres Diese Vorrichtung ist jedoch nur da anwendbar, wo die Röhre gänglich ist, also wo sie frei in einer Gallerie liegt. Bei den W serleitungen in Paris brachte man solche Compensationen alle Meter oder in 318 Fufs Entfernung von einander an, auch in E land snd sie vielfach gebraucht, sie sind jedoch entbehrlich, w

n zwischen den einzelnen Röhren mit Blei ausgegossen, Holzkeilen gedichtet sind.

das Verlegen der gufseisernen Röhren betrifft, so treten lben Rücksichten ein, welche bereits bei Gelegenheit der Röhren erwähnt sind. Am vortheilhaftesten ist es, wenn ge in unterirdischen Gallerien liegen, wie dieses bei gröfse- ngen oft geschieht. Fig. 110*e* zeigt den Querschnitt der worin in Paris die Leitungsröhren von der Anhöhe am n Rande der Stadt nach dem tieferen Theile, zunächst der rabsteigen. Die Röhren liegen theils auf hölzernen und steinernen Unterlagen, die im Mittel 4 Fufs von einander ind, und man hat sonach Gelegenheit, sie von allen Seiten uchen, und wo es nöthig ist, die Fugen zu dichten und Reparaturen vorzunehmen. In andern Fällen werden die n der Gallerie von gufseisernen Stühlen getragen.

Kosten für solche Gallerien sind indessen so bedeutend, nur selten, und jedesmal nur für die Hauptleitungsröhren, hrer Anlage entschliefst. Will man sie vermeiden, so kann Röhren entweder unmittelbar in dem Boden, oder noch in leineren bedeckten Gängen verlegen. In Paris hielt man as Vorhandensein der vielen überwölbten Abzugsrinnen die so geräumig sind, dafs ein Mann noch gebückt durch- n, in dieser Beziehung für einen grofsen Gewinn und brachte inerne Consolen an, auf welche man die Wasserröhren legte. olg war jedoch keineswegs befriedigend, denn die Unter- der Röhren war wegen der ungesunden Luft und des s in diesen Abzugsrinnen viel schwieriger, als da, wo die nmittelbar unter dem Strafsenpflaster lagen, und aufserdem an bei jeder vorzunehmenden Reparatur und beim Gebrauche punde und Hähne nicht vorsichtig genug sein, um eine Ver- ng des Wassers zu verhindern.

nächst hat man auch zuweilen die Röhren, um sie vor den les darüber gehenden Fuhrwerks zu sichern, in kleine ge- Canäle gelegt, die nur so eben die Röhren umschliefsen und mit ten bedeckt sind. Hierbei zeigt sich indessen die Unbequem- dafs man, sobald ein Wasserverlust eintritt, nicht weifs, wo schadhafte Stelle suchen soll, indem das ausfliefsende Was- Canal verfolgt und oft erst in grofser Entfernung von der

zersprungenen Röhre oder der undichten Fuge zum Vorschein kom
So zeigten sich in einem solchen Falle in der Straſse Bondy in P
die Quellen in einer Entfernung von fast 300 Fuſs von der schadha
Stelle, und man war daher gezwungen, auf eine groſse Länge das Pf
ster vergeblich aufzureiſsen und nachzugraben. Anders verhält es sic
wenn die Röhren unmittelbar in den Erdboden verlegt und überschü
sind. Die schadhafte Stelle giebt sich alsdann sogleich durch das E
sinken des Pflasters zu erkennen, die Gefahr wegen der Erschütter
gen verschwindet auch, wenn die Röhren fest unterstützt und solch
Verbindungen gewählt sind, wobei der Strang einige Flexibilität be
hält. Nur an den Stellen, wo besonders groſse Lasten darüber ge
fahren, oder darauf geworfen werden, wie etwa vor den Werkstät
der Steinhauer, bemerkt man häufige Beschädigungen. Werden di
Röhren frei in den Boden verlegt, so gräbt man denselben bis zu
nöthigen Tiefe auf, stampft die Sohle der Grube fest an, beschüt
die Röhre mit Erde und stampft auch diese wieder, ehe das Pflast
aufgebracht wird.

Zuweilen ereignet es sich, daſs man die Leitungsröhren von de
einen Ufer eines Flusses nach dem andern hinüberführen muſs. B
kleinen und seichten Flufsbetten und eben so, wenn massive Brück
vorhanden sind, zeigen sich hierbei keine wesentlichen Schwierigk
ten, aber sehr bedeutend werden diese in andern Fällen. Man h
in England zu diesem Zwecke flexible Röhrenstränge an
wendet, die durch Charniere in ihren einzelnen Theilen mit einan
verbunden sind, und daher, ohne daſs man das Flufsbette troc
zu legen braucht, in dasselbe versenkt werden. Der erste Versuch d
ser Art wurde bei den Wasserleitungen zu Glasgow gemacht, wo
Speisequellen sich am linken Ufer der Clyde befinden, während
gröſste Theil der Stadt auf dem rechten Ufer liegt. James Watt h
im Jahre 1810 den biegsamen Röhrenstrang, den Fig. 111 Taf. IX d
stellt, quer durch die Clyde. Die Leitung hatte eine Weite von 15 Z
die Röhren waren theils auf gewöhnliche Art mit einander verbun
und wo dieses der Fall war, durch steife hölzerne Rahmen unterst
die Biegungen oder Charniere waren dagegen ähnlich der zum Auf
len der gewöhnlichen Messinstrumente üblichen Nufs, durch Ku
segmente gebildet, die sich in einander drehn konnten. In der äuſs
Kugelschale befand sich ein Ring von Werg, der wie bei der St
büchse durch einen Deckel angedrückt werden konnte. Dieser De

er die äufsere Kugelfläche bis über den gröfsten Kreis der-
rt und verhinderte dadurch das Ausschieben der innern
Derjenige Durchmesser der Kugel, um welchen die Drehung
st zugleich die Achse des Charniers, das beide zunächst
hölzernen Rahmen mit einander verbindet. Um zufälligen
ungen vorzubeugen, war jedes Gelenk mit wasserdichter
l lose umwunden, und der ganze Strang wurde noch da-
sichert, dafs man ihn nicht auf das natürliche Flufsbette
dern zuvor eine Rinne quer durch den Flufs baggerte, hierin
ng versenkte und den Raum darüber mit Kies beschüttete.
enkung geschah, um ein scharfes Biegen zu verhindern,
gleichmäfsig von Flöfsen aus, und man hatte nach Aus-
Figur darauf Rücksicht genommen, ungefähr einen gleichen
Innern, wie im Flusse darzustellen, wodurch die Veran-
n einem starken Durchquellen vermieden wurde. Fig. 112
e Construction im Detail, nämlich Fig. 112*a* in der Seiten-
) im Längendurchschnitte und *c* in der Ansicht von oben.
eiterer Ausdehnung der Wasserleitungen in Glasgow wurde
zweite Röhre von 28 Zoll Durchmesser und später noch
e von 36 Zoll versenkt. Auch an andern Orten hat man
Leitungen angelegt. So liefs die Middlesex-Wasserleitungs-
ft oberhalb London eine 3 Fufs weite Röhrenleitung durch
se legen. Dieselbe bestand aus 68 einzelnen Röhren von
änge, die sämmtlich durch Kugelflächen mit einander ver-
aren. Es verdient Erwähnung, dafs der Ingenieur, nach-
Leitung gelegt war, hindurchkroch, woraus sich ergab, dafs
t des verschiedenen Wasserdruckes dennoch ein guter Schlufs
ugen stattfand.

ich mufs noch der Oxydation der gufseisernen Röhren
verden. Es leidet keinen Zweifel, dafs solche fast jedesmal
selbst wenn man die Röhren vor dem Verlegen mit einem
im Innern versehn hat. Das Wasser nimmt dabei aber
r Gesundheit nachtheilige Substanzen auf, auch wird die
bei nur unmerklich angegriffen, woher auf diesen Umstand
egel kein Gewicht gelegt wird. Zuweilen wird indessen
geklagt, dafs das mit Eisen-Oxyd versetzte Wasser die
verdirbt und Rostflecke veranlafst. Dieses geschieht jedoch
n das Wasser längere Zeit in den Röhren gestanden hat.

Bei Leitungen, die dauernd in Thätigkeit sind, bemerkt man derartigen Uebelstand, wie auch allgemein das Wasser der Leitungen zur Wäsche benutzt wird. Wenn aber eine Unterb eingetreten war, so kommt es nur darauf an, jenes verunreinig ser abzulassen, bevor das zur Wäsche zu benutzende aufg wird.

Vor mehreren Jahrzehenden wurde indessen auf eine höchst bedenkliche Folge der Oxydation die Aufmerksam Ingenieure gerichtet. Im Anfange des Jahres 1826 war nä Grenoble eine Wasserleitung angelegt, die Anfangs 46, siebe darauf aber nur noch 22 Cubikfuſs in der Secunde gab, Veranlassung zu dieser sehr bedeutenden Verminderung der Erg glaubte man in der stellenweisen Verengung der Röhre durc Knollen Eisen-Oxyd zu finden. Es trat eine Commission zu um diese bisher noch nie bemerkte Erscheinung näher zu chen. Aus dem unter dem 22. Nov. 1833 von derselben er Berichte *) ergab sich, daſs die Röhren keineswegs durchw griffen waren, sondern es fanden sich nur stellenweise, abe groſser Anzahl Stücke Eisenoxyd oder Eisenknollen vor. Si im Allgemeinen die Gestalt einer halben Birne, deren Spit der Seite gekehrt war, von wo das Wasser herkam. Ih betrug oft bis 10 Linien. Sie waren schwarz, nahmen an eine hellbraune Farbe an, und bestanden aus einer schalige die groſsentheils leicht zerreiblich war, doch in einzelnen S auch einige Härte zeigte. Die chemische Untersuchung erg sie in der Hauptmasse aus verschiedenen Oxydationsstufen sens bestanden.

Indem man nach dem Bekanntwerden dieser Erscheinu andere guſseiserne Leitungsröhren untersuchte, so fand man überall vor, aber nirgend in solcher Menge und solcher Gr hier. So fanden sie sich in einer Leitung des Departements auch in Paris sowol in den Leitungen, die vom Ourcq-Ca denen, die von der Seine gespeist werden. Sie zeigten si an Roststäben, besonders aber wo Guſseisen mit Seewasse rührung stand. Es war also ihr Vorkommen weder eine F

*) *Annales des ponts et chaussées*, 1834. I. *p.* 355.

hümlichen Beschaffenheit des Wassers in Grenoble, noch der mensetzungsart der Röhren.

Nach vielfachen Discussionen über die Ursache dieser Erschei- und über die Mittel, derselben vorzubeugen, fand zuletzt die ht Eingang, dafs das Oxygen der im Wasser enthaltenen Luft xydation bewirke, und diese vorzugsweise sich da zeige, wo n von grauem Gufseisen vorhanden sind. Man meinte jedoch, uch hier das Zutreten von etwas Alkali oder andern fremden rn die nächste Ursache zur Oxydation sei, und sobald diese reten, sie sich mit Leichtigkeit weiter fortsetze. Auffallend n, dafs in den drei folgenden Jahren sich keine weitere Ab- e in der Ergiebigkeit der Röhren zu Grenoble zu erkennen gab, nach die Knollen sich weder zu vermehren, noch auch zu en schienen.

Das Mittel, welches man zur Sicherung der Röhren in Vor- g brachte, besteht in einem Ueberzuge, um das Wasser im Innern Röhre nicht in unmittelbare Berührung mit dem Eisen treten ssen. Vicat wählte dazu hydraulischen Mörtel und Juncker, en Leitungsröhren der Maschine zu Huelgoat, eine Mischung Leinöl und Bleiglätte, welche er vermöge eines sehr starken kes in das Gufseisen hineintrieb. *) In den meisten Fällen wird , wie auch wohl schon früher geschah, jede Röhre vor dem Ge- che erwärmt, und von innen und aufsen mit heifsem Theer, meist kohlentheer, überzogen.

Seit dem Jahre 1840 ist von dieser Oxydation der gufseisernen ren beinahe gar nicht mehr die Rede gewesen, es scheint daher, jene sehr besorglichen Erfahrungen in Grenoble entweder durch le Verhältnisse herbeigeführt wurden, oder vielleicht auch die ke Abnahme des Wassers von andern Ursachen herrührte, und dieselbe nur irrthümlich der Verengung der Röhren zugeschrie- hatte.

---

*) In den *Annales des ponts et chaussées* aus jener Zeit befinden sich rere Aufsätze über diesen Gegenstand, besonders wichtig ist der kurze ng verschiedener Memoiren von Payen im Jahrgange 1837. II. S. 358.

§. 23.

Versorgung grofser Städte mit Wasser.

Bei der Versorgung gröfserer Städte bezieht sich das nä
Bedürfnifs auf diejenige Wassermenge, welche zum Trinken
zur Bereitung der Speisen gebraucht wird. Dieses Wasser
nicht nur klar, sondern auch rein und wenigstens von schädl
und solchen Stoffen frei sein, die sich durch unangenehmen
schmack oder Geruch zu erkennen geben. In geringerem G
fordert man dasselbe auch von demjenigen Wasser, welches
Reinigung der Wäsche, der Wohnungen und zu ähnlichen Zwe
benutzt wird. Endlich aber pflegt man bei Anlage von Wasser
tungen auch auf andere Bedürfnisse, wie die Spülung der Stra
die Speisung von Springbrunnen, Feuerspritzen und dergleichen R
sicht zu nehmen, wobei die Reinheit des Wassers weniger nöthig
Man kann indessen ohne grofse Vermehrung der Anlage- und
triebskosten das für diese verschiedenen Zwecke bestimmte Wa
nicht füglich trennen, und sonach pflegt man die Leitungen üb
haupt nur mit reinem Wasser zu speisen. In manchen Fällen kom
men nur die ersten der benannten Zwecke in Betracht, u
namentlich giebt es in England eine grofse Anzahl von Anlag
dieser Art, welche das Wasser nur in Privathäuser leiten. Hi
nach stellt sich der Bedarf einer Stadt, wenn man die Ei
wohnerzahl als Maafsstab wählt, sehr verschieden heraus. A
der Ourcq-Canal angelegt wurde, nahm man an, dafs jeder Ei
wohner von Paris täglich nur 5 Liter oder $\frac{1}{6}$ Cubikfufs gebrauch
man überzeugte sich aber später, dafs dieses nicht genüge, und na
den persönlichen Bedarf auf $\frac{1}{100}$ Wasserzoll, oder $\frac{3}{5}$ Cubikfufs t
lich an. Wenn aber zugleich die öffentlichen Zwecke berücksich
werden, so braucht man ein bedeutend gröfseres Wasserquant
Ueber die Ergiebigkeit der Wasserleitungen in gröfseren Städten e
halten die technischen Schriften zwar sehr zahlreiche Mittheilung
diese weichen indessen so sehr von einander ab, dafs es unmög
ist, allgemein gültige Resultate daraus zu ziehn. Zum Theil rü
dieses davon her, dafs nach der ersten Einrichtung das Bedürfn
sich fortwährend steigert und dadurch eine Erweiterung der Anl
nothwendig wird. Aufserdem stellt sich das Verhältnifs der ge

sermenge zur Einwohnerzahl auch ganz anders, je nach- orstädte und die von minder wohlhabenden Familien be- adttheile mit berücksichtigt werden, oder nicht. Endlich sserversorgung gewöhnlich ein Aktien-Unternehmen und n, die beim Besuche der Anstalt mitgetheilt werden, sind r als zweifelhaft, sowie man auch aus der augenblicklichen eit der Pumpen nicht auf ihre durchschnittliche Leistung kann.

achstehenden Zahlen, welche das auf jeden Einwohner ffende Wasserquantum bezeichnen, sind aus neuern Publi- ntlehnt und dürften wenigstens zeigen, wie verschiedenartig fnifs angenommen und befriedigt wird:

Berlin . . .	3,2	Cubikfufs
Hamburg . .	3,0	-
Brüssel . . .	2,6	-
Paris . . .	2,7	-
Bordeaux . .	5,6	-
Marseille . .	6,0	-
Toulouse . .	2,5	-
Lyon . . .	2,7	-
Dijon . . .	7,7	-
London . . .	4,6	-
Manchester .	2,9	-
Liverpool . .	4,1	-
Glasgow . .	3,2	-

nag gleich bemerkt werden, dafs in gröfsern Städten etwa e des ganzen Wasserquantums an Privat-Personen verkauft von jedoch nur ein Theil auf die eigentlichen ökonomischen sse trifft, während für Bäder, zum Begiefsen der Gärten gleichen oft die bei Weitem gröfste Hälfte verwendet wird. ten Theil der ganzen gehobenen Wassermasse nimmt das n und Spülen der Strafsen in Anspruch, und das letzte ertheilt sich auf gröfsere industrielle Etablissements mit Ein- ler öffentlichen Bäder, auf die Verwendung beim Feuerlö- d beim Reinigen der öffentlichen Abtritte, auf Springbrunnen während die unterirdischen Abzugscanäle gemeinhin schon las Wasser hinreichende Spülung erhalten, also nur aus- eise berücksichtigt werden dürfen.

Bei jedem Projecte zu einer Wasserleitung muſs man ein stimmtes Quantum zum Grunde legen, weil hiervon die Wei Röhrenleitungen und aller damit in Verbindung stehenden Ani abhängt. Dieses Quantum kann aber, wie bereits früher be ist, entweder durch Abfangung von Quellen mit Benutzung natürlichen Höhenlage, oder aus tiefer liegenden Strombetten sonstigen Wasserbecken mittelst Pumpen gewonnen werden, u ergiebt sich schon aus der vorstehenden Mittheilung über die wendung des Wassers, daſs in der heiſsen Jahreszeit und na lich bei anhaltender Dürre der Verbrauch ohne Vergleich viel gr ist, als zu andrer Zeit. Dieser muſs aber der Rechnung allein Grunde gelegt werden, denn die Anlage ist ganz verfehlt, wen während der Dürre dem Bedürfniſs nicht entspricht. Es ist da sehr bedenklich, eine gröſsere Leitung durch Quellen zu spei deren Reichhaltigkeit im umgekehrten Verhältnisse zum Bed nisse steht, und wenn bei der ersten Anlage letzteres auch zu befriedigen scheint, so darf man doch die Steigerung des dürfnisses nicht unbeachtet lassen, und es ist daher im Allge nen stets vorzuziehn, das Wasser aus einem gröſseren Flusse entnehmen, dessen Reichthum unter allen Verhältnissen ge Es muſs hier erwähnt werden, daſs man bei den Projecten Versorgung von Wien auch Quellen berücksichtigt hat, die in Schneebergen des Wiener Waldes bei Gloggnitz entspringen, d Ergiebigkeit also gerade in der gröſsten Hitze sich steigert.*)

Jedenfalls muſs das Wasser beim Eintritt in die Leitung in solcher Höhe befinden, daſs es nach allen Plätzen und Stra die man damit versorgen will, flieſsen kann. Oft ist behufs Klärung oder der Ansammlung des Wassers die Anlage von gr Reservoiren nothwendig, in andern Fällen fehlt eine solche anlassung, und namentlich geschieht dieses, wenn durch Pu das Wasser gehoben wird. Es entsteht alsdann die Frage, ob Reservoire anlegen muſs, oder ob man sie entbehren kann. B kommt vor. So sammelt sich in Paris das Wasser, welches Maschine Chaillot hebt, in groſsen Bassins auf der ohnfern beleg Anhöhe, die gegenüberliegende Maschine Gros-Caillou dageger

*) Bericht über die Erhebungen der Wasser-Versorgungs-Commi Wien 1864.

es Bassin und giefst das gehobene Wasser unmittelbar in
gröhren. Das letzte geschieht auch bei dem Pumpwerke
se, und in England findet man gleichfalls Beispiele von
und der andern Anordnung. Es ist nicht zu leugnen, dafs
iesbassins manche wesentliche Vortheile gewähren, sie ge-
e Maschinen einige Zeit hindurch aufser Dienst zu setzen
nöthigen Reparaturen daran vorzunehmen, ohne dafs die
ung zu wirken aufhört, und man kann auch, wenn das
auf einige Zeit in hohem Grade gesteigert wird, wie etwa
Brande, das Wasserquantum weit über die gewöhnliche
eit der Pumpen vermehren. Dagegen ist die Anlage sol-
gelegenen Speisebassins häufig überaus schwierig und zu-
nz unmöglich, da man sie auf eine natürliche Anhöhe
ufs. Wenn aber hierzu die Gelegenheit sich auch wirklich
ist im Innern oder neben grofsen Städten ein solcher Platz
r bereits davon gemachten anderweitigen Benutzung nur
unverhältnifsmäfsig hohen Preis zu erstehn. Demnächst
Wasser durch die Schöpfmaschinen auch nicht zu hoch
werden, wodurch ein überflüssiger Kraftaufwand und eine
ende Kostenverschwendung veranlafst würde. Bei verschie-
henlage der einzelnen Theile der Stadt, welche durch die-
schine gespeist werden sollen, darf man also nicht alles
n hochgelegene Bassins heben, wollte man aber die Bassins
iedene Höhen legen, so würde dieses Verfahren wieder zu
nsfallen, auch giebt es wohl kein Beispiel einer solchen
ng. In diesem Falle erbaut man daher keine Bassins, viel-
t man die Pumpe das Wasser unmittelbar in die Leitungs-
eiben und nur diejenige Kraft entwickeln, welche nöthig ist,
oder die andere Leitung, oder gleichzeitig mehrere in Thä-
t setzen.

öffentlichen Brunnen, die für die sämmtlichen Ein-
ines Ortes besonders wichtig sind, sind gewöhnlich dauernd
e, wenn sie aber nur durch einen geringen Zufluſs gespeist
so pflegt man sie mit Ventilen zu schliefsen, und sobald
sie benutzen will, hebt er diese mittelst der Schwengel,
ler Ausfluſs erfolgt. Der Ausguſs der Brunnen befindet sich
egel in solcher Höhe über dem Strafsenpflaster oder über
ottoir, dafs man einen Eimer darunter stellen kann. Eine

gröfsere Höhe würde eine unnütze Vergröfserung der Dru
zur Folge haben und die Fufsgänger belästigen. Zuweilen v
delt man diese Brunnen in Springbrunnen, die zur Zierde
licher Plätze dienen. Am grofsartigsten wird eine solche
wenn die ganze Wassermenge, welche zur Speisung eines St
les bestimmt ist, auf einem erhöhten Platze in demselben au
sen und mit Ausnahme einiger Strahlen, die dem Publikum
überlassen werden, in einem Bassin gesammelt wird, aus
in einzelnen Röhren nach den verschiedenen Strafsen des Sta
fliefst. Girard hat auf solche Art die Fontaine auf dem Bo
de Bondy gespeist. Es findet sich indessen hierzu nicht le
legenheit.

Aus den fliefsenden Brunnen ergiefst sich das Wasse
Rinnen der Strafsen, und wenn es diese auch nicht vollstä
nigt, dieselben vielmehr noch gefegt werden müssen, so v
die Strömung doch die Fäulnifs und schädliche Ausdünst
darin abgelagerten Schmutzes.

In Bezug auf die Anordnung der Leitungen ist Folg
erwähnen. Zunächst mufs man auf einen Situationsplan
ganzen Districte die sämmtlichen zu versorgenden öffentlic
Privathäuser, die Brunnen und sonstigen Ausflüsse eintra
nach bewirkter Reduction auf einen gemeinschaftlichen Hor
Höhe bezeichnen, in welcher jeder Ausflufs erfolgen soll.
eine Tabelle noch die Wassermengen aller Brunnen und
nachweist, so hat man alle Data, um die passenden Grup
zu machen und das Project im Allgemeinen aufzustellen. B
wichtig ist dabei eine zweckmäfsige Vertheilung der Haupt-L
Man mufs gewisse Vertheilungspunkte aufsuchen, von denen
die Umgebungen bequem speisen kann, und diese Punkte
entweder von der Hauptleitunng oder von den Zweigröhren
sten Ordnung berührt werden. Die Anordnung wird aber
troffen, dafs alle Leitungen, welche Theilungspunkte speise
lichst gerade geführt werden und leicht zugänglich sind, un
es geschehn kann, ein gleichmäfsiges Gefälle erhalten. Die
Theile der Zwischenleitung können zwar innerhalb gewisser
sich senken oder ansteigen, doch bleiben sie meist unter
veau des nächst vorhergehenden Theilungspunktes. Diese Th
punkte selbst müssen, soviel wie möglich, eine ihrer Entfern

nde Abstufung in der Höhe erhalten. Es ist aber weniger
lhaft, die Theilung der Wassermenge durch unmittelbare Spal-
des Röhrenstranges zu bewirken, als vielmehr aus offenen Bas-
oder Brunnen die Zweigröhren ausgehn zu lassen. Man erreicht
bei den Vortheil, dafs solche Brunnen als Schlammkasten und
ntile wirken, auch wird der nachtheilige Einfluſs der verän-
n Richtung durch sie umgangen. Ueberdies geben sie Gelegen-
zu einer genauen Controlle über die Ergiebigkeit aller Haupt-
gen, denn sobald eine derselben sich verstopft hat, oder leck
den ist, so wird sich dieses an dem Wasserstande der beiden
den Brunnen zu erkennen geben. Die Einführung eines sehr
ichförmigen Gefälles in den einzelnen Theilen der Hauptleitung
er Zweigröhren hat aber den Nachtheil, dafs man in derjeni-
trecke, wo die Niveaudifferenz zwischen den nächsten Brunnen
rhältniſs zur Länge der Leitung sehr geringe ist, besonders
Röhren benutzen muſs.

Diese Bassins oder Brunnen in den Vertheilungspunkten
ntweder geräumige Reservoire, die grofse Wassermengen fassen,
gemeinhin nur gufseiserne Cylinder von 2 bis 3 Fufs Durch-
r, aus denen die Zweigröhren abgehen. Beide werden in der
über dem Niveau der Strafsen, also in kleinen Gebäuden oder
nterbauen angelegt, weil man sonst keine fliefsenden Brunnen
en würde. Von den gröfsern Reservoiren muſs man indessen
hehn, weil dieselben die dem Drucke entsprechende Höhe nicht
ten können, die kleineren Cylinder lassen sich dagegen bequem
sen, wenn sie auch selbst unter dem Niveau der Strafsen liegen,
nd der Druck so grofs ist, dafs das Wasser zu den dritten
werken und darüber ansteigt. Kleine Ableitungen kann man,
n nöthig ist, auch durch die Hauptröhren unmittelbar speisen,
nicht von dem nächsten Vertheilungspunkte aus einen längeren
g dahin führen zu dürfen, im Allgemeinen ist es aber vortheil-
von einem Vertheilungspunkte bis zum nächsten keine Vermin-
g der Wassermenge eintreten zu lassen, weil nur in diesem
die Beibehaltung derselben Röhrenweite sich rechtfertigt. Dabei
jedoch nicht unbeachtet bleiben, dafs die letzten Verzweigun-
schon aus andern Gründen eine überflüssige Weite zu erhalten
m.

Hat man auf diese Art die Lage der sämmtlichen Vertheilungs-

punkte und den Zug derjenigen Röhren bestimmt, wodurch sie
speist werden, so kann man nach den in §. 16 gegebenen Fo
die nöthigen Weiten der Röhren berechnen. Man kennt
die Länge jeder einzelnen Strecke, das daselbst stattfindende
lute Gefälle und die Wassermenge, man thut aber wohl, wenn
wie bereits erwähnt, letztere noch etwa um die Hälfte grö
nimmt, als sie wirklich ist, man sichert sich dadurch theils die
lichkeit, bei steigendem Bedürfnisse, der Leitung eine gröfsere
dehnung zu geben, theils aber werden alsdann auch die
Verengungen der Röhre nicht so nachtheilig, und jedenfalls
man durch die Hähne oder Schiebeventile, die jeder Theil der
tung erhalten mufs, das durchfliefsende Wasserquantum beliebig
mindern, während man kein Mittel besitzt, es zu vergröfsern,
die Röhren zu enge sind. Die letzten Zweigröhren müssen
eine solche Weite behalten, dafs sie bei einem entstehenden
den Wasserbedarf zur Versorgung mehrerer Spritzen mit Sch
liefern. Endlich ist noch zu bemerken, dafs man in dem
Theile der Leitung, durch welchen die ganze Wassermenge
wird, doppelte Röhren zu legen pflegt, um bei einer zufälligen
schädigung nicht die ganze Anlage aufser Thätigkeit setzen zu
Wenn aber besondere Hauptröhren nach den verschiedenen
theilen geführt sind, so pflegt man die einzelnen Systeme unter
in Verbindung zu setzen, damit wenn eins derselben nicht in
triebe ist, dennoch eine nothdürftige Versorgung der betreffe
Strafsen möglich bleibt.

In der beschriebenen Art ermittelt man die verschiedenen
ten, welche die Röhren haben müssen, und um die Anzahl der
thigen Formstücke nicht zu sehr zu vermehren, so beschränkt
die berechneten Halbmesser auf eine gewisse geringe Anzahl. D
buisson benutzte bei der Wasserleitung zu Toulouse nur neun A
von Röhren, nämlich in den Weiten von 10,3 — 7,3 — 6,1 — 4,
3,8 — 3,4 — 3,0 — 2,7 und 1,9 Zoll.

In eigenthümlicher Weise ist in Paris die Wasserleitung
geordnet, welche durch den Ourcq-Canal gespeist wird. D
Canal mündet nämlich in das geräumige Bassin la Villette zwis
den Thoren la Villette und Pantin am nordöstlichen Rande von P
Von hier wird das Wasser, wie bereits erwähnt, abgeleitet,
tritt es bald darauf in einen unterirdischen überwölbten Canal,

uc de Ceinture, in welchem es etwa eine halbe Meile weit
dem nördlichen hohen Ufer des Seine-Thales fließt. Auf solche
gelangt das Wasser in mannigfaltigen Krümmungen bis nahe an
Thor de Monceaux. Fig. 110*a* zeigt das Profil des Aqueduc
Ceinture. Derselbe ist so geräumig, daß man mit einem kleinen
en darin fahren kann, und ein Gang an der Seite erlaubt auch,
uß die ganze Gallerie zu begehn. An vielen Stellen hat man
Lichte und der Luft freien Zutritt verschafft, und mehrere
pen führen herab, damit man mit Leichtigkeit zu den einzelnen
n gelangen kann. Auffallend ist es, daß man diesem Canale
iner Sohle gar kein Gefälle gegeben hat. Sieben Röhrenleitun-
schöpfen darin das Wasser und führen es in andern Gallerien
dem tiefer liegenden Theile der Stadt. Die größte unter die-
st die Galérie Saint Laurent, worin vier Röhrenstränge neben
der liegen. Fig. 110*c* zeigt ihr Profil und Fig. 110*b* das Profil
leinen Gebäudes, worin diese Röhren aus dem Canale treten. *)
Die Reservoire oder Bassins dienen entweder nur zur An-
lung des Wassers, oder sie haben noch den Zweck, öffentliche
e zu verzieren und sind in diesem Falle häufig mit Spring-
en verbunden. Vollkommene Wasserdichtigkeit ist bei ihnen
eit die Hauptbedingung, und um diese zu erreichen, pflegt man
der ganzen vom Wasser benetzten Oberfläche mit Cement zu
iehn. Demnächst giebt man ihrem Boden einige Neigung und
er tiefsten Stelle befindet sich eine Ausflußöffnung, die gewöhn-
durch ein Ventil geschlossen ist. In dieser Art sind die Reser-
im Green Park zu London, worin das Wasser der Chelsea-
ng gesammelt wird, nicht nur mit einer ausgemauerten tiefen
e versehn, welche sich in der Längenachse des Bassins hinzieht,
ern außerdem fällt der Boden von beiden Seiten aus mit der
ng von $\frac{1}{6}$ nach dieser Rinne ab. Die Bassins sind 640 Fuß
102 Fuß breit und in der Mitte neben der Rinne 14 Fuß tief.
Boden besteht aus einem festen Lehmschlage, worüber ein Pfla-
in hydraulischem Mörtel ausgeführt ist.
Wenn die Reservoire geringere Dimensionen haben, so bestehn

*) Eine specielle Beschreibung der Wasserleitungen in Paris, die vom
q-Canale gespeist werden, hat Emmery geliefert. *Annales des ponts et
sées.* 1840. I. p. 145 ff.

sie aus Gufseisen und namentlich ist dieses bei den erwähnten Cylindern in den Vertheilungspunkten der Wasserleitungen der Fall; doch kommen auch gröfsere Bassins aus demselben Material vor. So giebt es z. B. deren zwei in Liverpool, eines 60 Fufs lang, 15 Fufs breit und 10 Fufs tief und eines 33 Fufs lang, 17 Fufs breit und 7 Fufs tief. Die kleineren Reservoire endlich bestehn häufig aus hölzernen Kasten, die mit Blei gefüttert sind, und besonders benutzt man solche wegen ihres geringen Gewichtes in Gebäuden.

Wenn keine Speisebassins angelegt sind, vielmehr das Wasser aus den Pumpen unmittelbar in die Röhrenleitung tritt, so mufs jedenfalls dafür gesorgt werden, dafs die Stöfse der Pumpe sich nicht weit fortsetzen, wodurch theils die Verbindung der Röhren gelöst, theils die Wirksamkeit der Maschine verringert würde, indem jedesmal eine lange Wassersäule von Neuem in Bewegung gesetzt werden müfste. In vielen Fällen, und besonders wenn der Röhrenstrang nicht lang ist, begegnet man diesem Uebelstande durch **Windkessel**, die bei jedem Stofse der Pumpe einiges Wasser aufnehmen, und bis zum folgenden Stofse durch den Druck der Luft dieses in die Röhre treiben. Sie veranlassen daher eine ununterbrochene, wenn auch nicht ganz gleichmäfsige Bewegung des Wassers in der Röhre, und vermindern in hohem Grade die Erschütterungen. Dabei zeigt sich indessen ein andrer Uebelstand, besonders wenn das Wasser unter starkem Drucke in der Röhre sich bewegt, nämlich die in gleichem Maafse comprimirte Luft dringt durch die Fugen des Windkessels, derselbe füllt sich daher immer mehr mit Wasser an, und seine Wirksamkeit hört bald ganz auf. Will man demnach nicht in kurzen Zwischenzeiten die Leitung unterbrechen, um den Kessel aufs Neue zu füllen, so mufs die Maschine noch eine Luftpumpe treiben, die entweder dauernd, oder so oft es nöthig ist, den Windkessel mit Luft speist.

Bei vielen Wasserleitungen in England hat man die erwähnten nachtheiligen Stöfse in andrer Weise vermieden. Es wird nämlich ohnfern der Pumpe auf die Leitungsröhre eine sogenannte **Standröhre** aufgestellt, die aus starken Eisenbleche zusammengesetzt und etwa 2 Fufs weit ist, sich aber so hoch erhebt, dafs das Wasser darin bis zur vollen Druckhöhe ansteigen kann, also der Verschlufs derselben entbehrlich ist. Ist diese Röhre nur einfach, wie häufig der Fall ist, so unterbricht sie nicht die Hauptleitung. Das Wasser dringt bei jedem Stofse der Pumpe in die letztere, aber ein Theil

führten Wassermenge steigt auch in die Standröhre, erhöht Druckhöhe, und fliefst bis zum folgenden Stofse wieder in ngsröhre ab. Die Wirkung ist daher dieselbe wie die eines sels, doch darf hier für die Füllung mit Luft nicht gesorgt Dabei wird aber noch ein anderer Vortheil erreicht. Aus k gepreſsten Wasser entwickelt sich nämlich, besonders in en Jahreszeit eine bedeutende Menge Gas. In den Wind- um dieselbe nicht treten, weil derselbe einer festeren Anf- bedarf und daher zur Seite der Leitungsröhre stehn mufs. ft entweicht aber sehr sicher in die Standröhre, die sonach Zweck der oben beschriebenen Luftröhren versieht. st selten ist die Standröhre doppelt, oder besteht aus zwei en Röhren von den angegebenen Dimensionen, die nahe nander stehn, und oben durch eine gekrümmte Röhre ver- wird. In diesem Falle wird die Wasserleitungsröhre durch ändig unterbrochen, und alles Wasser, welches die Pumpe liefst durch sie hindurch, steigt also in dem einen Schenkel trömt über den Scheitel und fällt im andern Schenkel herab. rartige Wirkung tritt dabei nicht ein, insofern der höchste Röhrenwand durchbrochen und mit einer kleinen, stets of- satzröhre verbunden ist, durch welche die Luft frei ein- und kann. Derjenige Schenkel, in welchem das Wasser herab- nichts andres als ein Speisebassin, worin der Wasserstand twas schwankt, das aber von den Stöfsen der Pumpe nicht roffen wird, und worin sich jedesmal diejenige Druckhöhe welche nöthig ist, um die ganze zufliefsende Wassermenge eitung zu treiben. Indem das Wasser mit freier Oberfläche eitel der Standröhre überströmt, so wird die Gelegenheit etzen der Luft vollständig geboten. Ein Uebelstand besteht ı, dafs das Wasser immer bis zum Scheitel der Standröhre werden mufs, wenn auch vielleicht zeitweise nur eine ge- Druckhöhe erforderlich sein sollte.

Versorgung von Privatwohnungen mit Wasser geschieht tung gemeinhin in bleiernen, oder gezogenen eisernen Röh- le und namentlich die ersteren lassen sich leicht biegen und quem nach jedem Punkte hinführen. Ganz frei dürfen sie ht liegen, weil sie alsdann zu sehr der Gefahr einer zufälli- chädigung ausgesetzt wären und beim Froste das darin ent-

haltene Wasser gefrieren könnte. Man versenkt sie daher Wände und Fufsböden, und um sie möglichst dem Froste ziehn, werden sie mehr in die innern, als die Umfassung verlegt, auch pflegt man aus demselben Grunde sie mit Mo andern schlechten Wärmeleitern zu umgeben, wodurch man das Beschlagen der Röhren vermeidet, das sonst eintritt, sob zugeführte Wasser kälter als die Luft der Zimmer ist. Be innern Röhren ist jeder Leck besonders nachtheilig, weil die Wände feucht und die Malereien oder Tapeten verdorb den. In England, wo die Küchen sich gewöhnlich im Sc befinden, sind diese Bedingungen leichter zu erfüllen, und die rigkeiten verschwinden zum Theil ganz, insofern das Wa nicht in die Wohnräume geleitet wird. In Frankreich dage namentlich in Paris, wo in jedem Stockwerke eine und Haushaltungen sind und die Constructionen im Allgemeinen l sondere Solidität haben, geben die erwähnten Schwierigke oft sehr unangenehm zu erkennen.

Von den Reservoiren, worin die Haushaltungen zuw Wasser sammeln, ist nur zu erwähnen, dafs man dieselben r Schwimmer zu versehn pflegt. Sobald dieser bis zu einer Höhe sich erhebt, schliefst er das Ventil der Zuflufsröhre hindert dadurch das Ueberfliefsen des Reservoirs. Um Wassermenge zu messen, welche in einem Hause oder in ei nung verbraucht wird, werden häufig verschlossene Appar bracht, die durch das zufliefsende Wasser in Bewegung gesetz und auf einem Zifferblatte die in der Zwischenzeit seit d Einstellung entnommene Masse erkennen lassen. Der Be Gesellschaft, der allein den Schlüssel zum Apparate führt, durch von Zeit zu Zeit das consumirte Quantum fest, und bestimmt sich der zu zahlende Kaufpreis.

Wesentlich verschieden ist hiervon die von d'Aubuisso Wasserleitungen in Toulouse eingeführte Methode, wonach nehmern das Quantum, welches sie verlangen, in einem un chenen feinen Strahle zugeführt wird. Das geringste Maafs verabfolgt wird, sind 2 Hektoliter oder 6¼ Cubikfufs in 2 und d'Aubuisson erwähnt, dafs nach den dortigen Erfahrun überaus feine Strahlen ohne Unterbrechung und ohne Aend rer Stärke drei Monate hindurch flossen. Etwas unsich

e Methode indessen zu sein, namentlich da nach derselben Mit-
lung das dortige Wasser feine Pflanzenfasern mit sich führt.
berdem dürfte die starke Berührung, worin das Wasser mit der
t gebracht wird, auch leicht ihm die Frische nehmen, die man
vielen häuslichen Zwecken ungern entbehrt.

In Betreff der Vorsorgung der Häuser mit Wasser mufs noch
ührt werden, dafs dieselbe in verschiedener Art erfolgen kann.
werden nämlich entweder die betreffenden Leitungen ununter-
chen gespeist, so dafs man jederzeit Wasser entnehmen kann.
es ist der gewöhnliche Fall, doch kommt es in Englischen
ten auch vielfach vor, dafs die Leitungen der einzelnen Strafsen
während einer bestimmten Tagesstunde in Thätigkeit gesetzt wer-
, also alsdann der ganze Bedarf angesammelt werden mufs. In sol-
n Falle bedarf man der gröfsern Bassins, von denen vorstehend
Rede war. Diese Anordnung empfiehlt sich besonders, wenn
zu versorgenden Stadttheile in sehr verschiedenen Höhen liegen.

Was die öffentlichen Brunnen betrifft, so haben dieselben
ig noch den Zweck, die Strafsen und namentlich die Rinnen
spülen. In Paris läfst man sie in dieser Absicht zweimal des
ges, nämlich um 6 Uhr Morgens und um 12 Uhr Mittags, jedes-
l eine Stunde lang fliefsen, während sie nur auf den Märkten und
denjenigen Hallen, wo Fleisch und ähnliche Artikel feil geboten
rden, dauernd in Wirksamkeit bleiben. Sie sind vorzugsweise
den Scheitelpunkten der Strafsen angebracht, dafs heifst da, wo
Rinnen nach beiden Seiten abfallen, und in diesem Falle hat der
unnen entweder zwei Ausgüsse, oder es ist in andrer Weise da-
r gesorgt, dafs das Wasser sich nach beiden Richtungen ziemlich
eichmäfsig vertheilt. Solche fliefsenden Brunnen erleichtern we-
ntlich die Reinigung der Strafsen, und vermindern den Staub, doch
nd sie nur mit Vortheil anzuwenden, wenn das zugeführte Wasser
rch unterirdische Abzugscanäle abgeleitet werden kann. Entgegen-
esetzten Falles können die Rinnen, besonders wenn ihr Gefälle nur
äfsig ist, die zugeführten Wassermengen nicht fassen, oder man
äfste sie so erweitern und vertiefen, dafs sie den Verkehr beein-
ächtigen, und selbst gefährlich werden. Jedenfalls darf man den
chmutz der Strafsen nicht durch das fliefsende Wasser beseitigen
ollen. Hierzu würde ein sehr starkes Gefälle erforderlich sein,
nd dennoch der Uebelstand hinzutreten, dafs neben ihren Ausmün-

dungen ausgedehnte Ablagerungen in dem Flufsbette entste
nicht nur der Schifffahrt hinderlich, sondern auch den Umw
den lästig und schädlich wären. Sowol in England, als in
reich wird der Kehricht der Strafsen abgefahren, und nur da
ser fliefst in die Canäle. Die Mängel der Strafsenreinigung i
wo fliefsende Brunnen und Abzugscanäle vorhanden sind, hat
und später Emmery in einem sehr interessanten Aufsatze üb
fsende Brunnen und Abzugscanäle entwickelt. *) Eine ande
theilung von Mougey über denselben Gegenstand **) zeigt a
ter Angabe wichtiger Thatsachen, dafs auch in den englisch
schottischen Städten gleichfalls Vieles noch zu wünschen bleib
beiden Aufsätzen ist ein grofser Theil der folgenden Notiz
nommen.

Die Wassermenge, welche ein fliefsender Brunnen liefe
um die Spülung der Rinne zu bewirken, ist von so vielen Um
abhängig, dafs man ein allgemein gültiges Maafs dafür nicht
kann. D'Aubuisson hat in Toulouse dasselbe bis auf ein
serzoll ($\frac{1}{7}$ Cubikfufs in der Minute) ermäfsigt, doch sind die
nen in ununterbrochener Wirksamkeit, und liegen mitunter s
nebeneinander, so dafs sie sich gegenseitig verstärken, und b
ist dieses in denjenigen Strafsen der Fall, wo der lebhafte
kehr stattfindet. Die Wassermenge, welche die Brunnen
geben, scheint viel gröfser zu sein, was auch nöthig ist, da
fortwährend fliefsen, also der Niederschlag, der sich in der Z
zeit festgesetzt hat, durch die Strömung wieder gelockert
mufs. Emmery nimmt die Wassermenge eines fliefsenden F
in Paris zu 8 Wasserzoll oder $3\frac{1}{2}$ Cubikfufs in der Minute

Was die sonstige Einrichtung dieser Brunnen betrifft, s
sie die Strafsen nicht beengen und die Trottoirs weder unt
ser setzen und im Winter mit Eis bedecken, noch auch di
so stark spritzen, dafs die Fufsgänger benetzt werden. Die
fliefsenden Brunnen in Paris sind von den erwähnte
ständen keineswegs frei, und es kommt namentlich in de

---

*) *Egouts et bornes fontaines par Emmery. Annales des ponts et* 1834. *I. p.* 241.

**) *Notice sur les égouts de Londres, de Liverpool et d'Edinbourg gey. Annales des ponts et chaussées* 1838. *II. p.* 129.

is vor, dafs man, um die Bildung des Eises auf den Trot-
n vermeiden, im Winter während die Brunnen fliefsen, noch
e Rinnen auslegt, die das Wasser bis zu den gepflasterten
n neben dem Damme führen, wodurch die Benutzung der Trot-
ir erschwert wird. Man hat zur Beseitigung dieser grofsen
nlichkeit den Versuch gemacht, die Brunnen an den äufsern
der Trottoirs zu stellen, so dafs sie das Wasser unmittelbar
gepflasterten Rinnen gieſsen, allein in diesem Falle verengen
eder den Fahrdamm und werden von den vorüberfahrenden
i beschädigt. Génieys schlägt dagegen vor, das Wasser gar
ber das Niveau des Trottoirs treten zu lassen, sondern es
len Trottoirplatten, die aus Gufseisen bestehn, in einen über-
n Canal zu leiten, der am Rande des Fahrdammes ausmündet.
Einrichtung beseitigt zwar vollständig die benannten Uebel-
, aber sie vereitelt auch zugleich einen wesentlichen Zweck
Brunnen, nämlich das Auffangen des Wassers in Gefäfsen.
eckmäfsigsten erscheint demnach die in Fig. 113 dargestellte
ung der Brunnen, die in neuerer Zeit in Paris auch vorzuge-
ewählt wird. Der Brunnen, den *a* in der Ansicht von vorn,
Durchschnitte und *c* im Grundrisse zeigt, besteht in einem
rnen Kasten, der möglichst nahe an den Häusern steht, und
zwei Abweise-Steine von beiden Seiten gegen Beschädigungen
zt wird. Die Ausgufsröhre, die senkrecht abwärts gerichtet
indet sich etwa 13 Zoll über dem Trottoir und giebt sonach
en Gelegenheit, einen Eimer darunter zu stellen. Sobald das
· aber nicht aufgefangen wird, so stürzt es durch einen Rost,
Stäbe, um das Spritzen zu vermeiden, oben zugeschärft sind,
efst durch eine gufseiserne Rinne unter dem Trottoir nach
ahrdamme. Der Hahn, welcher den Ausflufs schliefst, hat
richtung, dafs das Wasser in seine Achse hineintritt, wie Fig.
nd *c* zeigen. Er kann durch eine Oeffnung in dem obern Bo-
s Brunnenkastens gedreht werden, wenn man aber diesen Bo-
ler Deckel abhebt und die beiden durch Splinte gehaltenen
ern herausnimmt, so kann man den abwärts gekehrten Theil
sgufsrohres abschrauben und einen Schlauch, der ein passen-
hraubengewinde hat, daran befestigen. Auf solche Art lassen
urch diese Brunnen auch die Feuerspritzen unmittelbar speisen.
ufser den erwähnten Brunnen haben die Leitungsröhren auch

an den Stellen, wo sie unter dem Strafsenpflaster liegen, [illegible] gewissen Entfernungen kurze, aufwärts gerichtete und mit [illegible] und Schraubengewinden versehene Ansatzröhren, woran die Schl[illegible] gleichfalls befestigt werden können. Gewöhnlich wird über [illegible] Hähnen das Strafsenpflaster unterbrochen, indem ein Rahmen [illegible] Holz oder Stein darüber liegt und die Oeffnung in demselben mit [illegible] gufseisernen Platte geschlossen ist. Diese Platte ist in der [illegible] mit einer kleinen, eigenthümlich geformten Oeffnung für einen Sch[illegible] sel versehn, mit dessen Hülfe man sie heben kann. Diese Pl[illegible] unterbrechen indessen das regelmäfsige Pflaster und wenn sie l[illegible] gelegen haben, so werden ihre Oberflächen sehr glatt, und da[illegible] für den Verkehr störend, aufserdem brechen sie leicht und ge[illegible] Winter zu einer starken Abkühlung der Leitung Gelegenheit. [illegible] hat sie daher, mit Rücksicht auf ihren seltenen Gebrauch, l[illegible] ganz entfernt, indem die Röhre auch an der Stelle, wo der H[illegible] liegt, mit Erde beschüttet und das Pflaster darüber geführt ist. [illegible] wisse Marken an den nächsten Gebäuden weisen aber die S[illegible] des Hahnes nach, und sobald es bei einem Brande nöthig wird, [illegible] selben zu benutzen, so ist in wenigen Minuten das Pflaster a[illegible] brochen und die darunter liegende Oeffnung aufgegraben.

Häufig ist der Druck in der Leitungsröhre so grofs, dafs m[illegible] die Spritzen ganz entbehren und aus dem aufgeschrobenen Schlau[illegible] unmittelbar einen Strahl bis über die daneben stehenden Gebä[illegible] treiben könnte. Man macht jedoch hiervon fast niemals Gebra[illegible] weil es bei einem Brande gewöhnlich nicht an der nöthigen Man[illegible] schaft fehlt, um die Spritzen in Bewegung zu setzen, und es im[illegible] vortheilhaft ist, letztere so zu stellen, dafs sie demjenigen Pun[illegible] wohin der Strahl gerichtet ist, möglichst nahe sind.

In England sind die Wasserleitungen jedesmal Privatunter[illegible] mungen, öffentliche Brunnen werden durch sie nicht gespeist, so[illegible] überhaupt kein Wasser unentgeltlich verabfolgt wird. Das zur R[illegible] nigung der Strafsen erforderliche Wasser wird meist nicht [illegible] mittelbar aus den Leitungen entnommen, vielmehr dient hierzu [illegible] in den Reservoiren der einzelnen Wohnungen noch vorhandene W[illegible] ser, die vor der neuen Füllung sämmtlich entleert werden, und [illegible] durch bedeutende Massen den Strafsenrinnen zuführen.

Will man die Strafsen benetzen, oder besprengen, wa[illegible] Städten zur Verminderung des Staubes nothwendig ist, so wer[illegible]

oben beschriebenen Feuer-Hähne benutzt, die in diesem
r leicht zugänglich sein müssen. Man schraubt auf die-
läuche auf, und zum Theil genügt schon der Wasserdruck
eitungsröhren, um die Sprengung zu bewirken, häufig mufs
ch zu diesem Zwecke Wasserkarren benutzen, die eine grofse
Strahlen dicht über der Strafse ausfliefsen lassen.

Gelegenheit der Wasserleitungen in gröfseren Städten sind
och die verdeckten Abzugscanäle oder Siele zu er-
welche theils das Regenwasser, theils aber auch das un-
sser aus den offenen Rinnen aufnehmen und beides nach
se führen. Sie verhindern sonach bei heftigem Regen eine
nsammlung des Wassers, doch tragen sie gemeinhin auch
andere Art wesentlich zur Reinhaltung der Strafsen bei,
cht nur unreines Wasser, sondern auch eine Menge Schmutz
eingeleitet wird. Sie gewähren den Einwohnern eine grofse
chkeit, namentlich wenn die Kothgruben der Abtritte mit
Verbindung gesetzt werden dürfen, wie dieses in neuerer
London der Fall ist und wie grofsentheils auch in Paris
. Die daraus hervorgehende Verunreinigung des Flusses
:h ein grofser Uebelstand, der jedoch in gleichem Maafse
·all zeigt, wo das unmittelbare Einwerfen des Schmutzes in
s gestattet ist.

he Abzugscanäle kommen in den meisten gröfseren Städten
reich und Grofsbritannien vor, doch wo sie aus älterer Zeit
ı sind sie gewöhnlich nur nach dem nächsten Bedürfnisse
: gehörige Rücksicht auf eine angemessene Vertheilung des
angelegt, woher sie in vielen Fällen denjenigen Effect nicht
len sie bei einer passenderen Anordnung haben könnten. In
nd sind sie seltener. Dagegen waren sie schon in früherer
nnt. Die Cloaken in Rom sind wegen ihrer Ausdehnung
sen Dimensionen noch jetzt unübertroffen. Sehr ausführliche
ten über die verdeckten Abzugs-Canäle in einigen Deutschen,
Französischen und namentlich in Englischen Städten wurden
lt, als man Berlin in gleicher Weise entwässern wollte. In-
auf den betreffenden Bericht verweise*), beschränke ich

Wiebe, die Reinigung und Entwässerung der Stadt Berlin. Ber-

mich nachstehend auf eine kurze Andeutung der wesentlichsten P die bei Anlagen dieser Art zu berücksichtigen sind.

Vorzugsweise ist darauf zu achten, dafs die Canäle dur Stoffe, welche sie abführen, nicht verstopft werden. In dies ziehung ist es zunächst nöthig, ihnen ein hinreichendes Ge geben. So mufs in London in dem Districte zunächst West das Gefälle wenigstens $\frac{1}{96}$ betragen, in dem Districte Holborn Finsbury wenigstens $\frac{1}{144}$, und die Commissarien, welche dies ten controlliren, empfehlen besonders das Gefälle von $\frac{1}{72}$. D gedehnten Abzugscanäle in Edinburgh haben zum Theil viel Gefälle, sogar bis auf $\frac{1}{7}$, und man betrachtet diejenigen als ders vortheilhaft, die zwischen $\frac{1}{96}$ und $\frac{1}{144}$ messen. Es lass indessen da, wo die Stadt in einem fast horizontalen Flufsthale ist, diese starken Gefälle nicht darstellen, und man mufs alsdan andere Art die Reinigung zu bewirken suchen. In London ge dieses durch den verschiedenen Wasserstand in der Themse bei und Ebbe. Man läfst nämlich das Hochwasser in die Abzug treten und hält dasselbe bis zur niedrigsten Ebbe darin Werden sie alsdann geöffnet, so stürzt das Wasser mit Hef heraus und der starke Strom spült den Niederschlag fort. W Fluth und Ebbe nicht in den Flufs treten und derselbe übe nur wenige Fufse tiefer liegt als die Stadt, während letztere sich zu weiter Entfernung von demselben ausdehnt, so ist es nicht nur möglich, die vorerwähnten starken Gefälle darzustellen, sondern kann selbst sehr schwache den Canälen nicht geben, wenn man das Bassin, worin diese ausmünden, bis unter das Niveau des Flu senkt. Indem nach manchen Erfahrungen selbst sehr schwache fälle, wie von 1 zu 2500 schon zur Abführung des Wassers in send geformten Canälen genügen, so ist für Berlin vorgeschl worden, letztere nach einem Bassin zu führen, dessen Inhalt d eine Dampfmaschine in die Spree gepumpt wird.

Die Abzugscanäle erhalten in England fast immer solche mensionen, dafs sie bequem begangen werden können. Fig. 114 zwei Profile derselben, nämlich *a* ist das für den Westminster-Di vorgeschriebene Profil, sobald der Canal mehr als eine Strafse gen soll und *b* dasjenige für den District Holborn und Finsb In Paris mufste die Reinigung dieser Canäle namentlich in der der Seine häufig durch Handarbeit vorgenommen werden. Die

hatten daselbst das Fig. 115 dargestellte Profil, doch giebt es viele kleinere, die nur 1 Meter oder 3 Fufs 2 Zoll hoch sind, Reinigung aber theils wegen der geringen Höhe, und theils des Mangels an frischer Luft sehr beschwerlich ist. In neuerer Zeit sind die Abzugs-Canäle in Paris wesentlich erweitert, auch für ihre Reinhaltung mehr gesorgt worden.

Wichtig ist die Art der Zuleitung des Wassers in diese Canäle, sowol von den Strafsen aus, als aus dem Innern der Häuser. Gewöhnlich ergiefsen sich die gepflasterten Rinnen durch eiserne Roste in sie. Ein solcher Rost, wie er in England üblich ist, ist Fig. 116*a* in der Ansicht von oben und *b* im Durchschnitte dargestellt. Er bildet oben eine concave Fläche, welche der Form der Rinne entspricht, und ruht auf einem Rahmen von Werkstücken. Zuweilen läfst man auch das Wasser nicht unmittelbar in die Abzugscanäle, sondern wie Fig. 117*a* und *b* im Grundrisse und Durchschnitte zeigt, in Schlammkasten treten, worin die schwereren Stoffe niederschlagen und woraus nur das reinere Wasser abfliefst. Diese Anordnung kommt jedoch nicht häufig vor, sie hat den Nachtheil, dafs die Reinigung der Schlammkasten für die Nachbarschaft höchst unangenehm ist, und gerade denjenigen Uebelstand herbeiführt, den man vorzugsweise vermeiden will. Fig. 118 ist die in Paris gewöhnliche Zuleitung des Wassers, wobei gleichfalls der Rost angewendet ist. Derselbe ruht zunächst auf einem eisernen Rahmen, und dieser liegt auf einem grofsen quadratisch gearbeiteten Werkstücke, welches mit einer dem Roste entsprechenden Oeffnung versehn ist. Das Strafsenpflaster ist ringsum angeschlossen, und giebt der Rostplatte die nöthige Haltung. Es ereignet sich indessen häufig, dafs die Oeffnungen im Roste durch Koth und andere vom Wasser herbeigeführte Körper verstopft werden. In dieser Beziehung giebt man den breiten Einmündungen unter den Trottoirs den Vorzug, wie eine solche Fig. 119*a* und *b* in der Ansicht und im Durchschnitte gezeichnet ist. Die im Trottoir liegende gufseiserne Platte ist ganz geschlossen, und das Wasser ergiefst sich neben ihr zur Seite der sehr flachen Strafsenrinne in den Canal.

Die Abzugscanäle liegen gemeinhin in der Mitte der Strafse, doch sind sie zuweilen auch unter den Trottoirplatten angebracht, besonders, wenn sie nicht tief sind. In den englischen Städten kommt

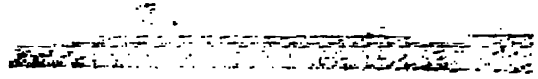
das Letzte nicht leicht vor, denn das Trottoir wird als Theil des Hauses betrachtet, und der Raum darunter ist Keller, der zur Aufbewahrung der Kohlen benutzt wird. Ueberdies liegen die Canäle hier so tief, dafs ihre Sohle sich mindestens 4 Fufs unter dem gepflasterten Boden des Souterrains befindet. Man entfernt dadurch jede Gefahr eines Durchsickerns in die Souterrains und braucht keine besondere Vorsicht auf die Wasserdichtigkeit der Canäle zu verwenden.

Wegen der tiefen Lage sind diese Abzugscanäle nicht so leicht zu öffnen, als wenn sie nur durch die Trottoirplatten bedeckt wären, und man mufs daher für die nöthige Anzahl von Einsteigeöffnungen sorgen. In London finden sich solche wirklich in Entfernungen von durchschnittlich 15 Ruthen, und sie werden gebildet durch gemauerte Schachte, die an der Seite des Canales herabgeführt und durch Gallerien mit ihm verbunden sind. Gufseiserne oder Steinplatten, die meist im Trottoir liegen, verschliefsen die obern Mündungen dieser Oeffnungen. Wenn die Abzugscanäle sich nicht unter den Strafsenrinnen hinziehn, so kann man das Wasser auch nicht unmittelbar hineinleiten, bei gröfserer Breite derselben vermeidet man es ungern, in den gewölbten Decken Oeffnungen anzubringen. Die gemauerte Abfallröhre wird alsdann schräge herabgeführt und mündet von der Seite und zwar in der Höhe von 1 oder 2 Fufs über der Sohle. In Paris hat man in diesem Falle auch gufseiserne Abfallröhren von 10 Zoll Weite benutzt. Gewöhnlich erreichen die Abfallröhren von beiden Seiten auf dem kürzesten Wege den Canal, doch zuweilen ist dieses wegen besonderer Umstände nicht möglich und alsdann kann man sie auch in der Art verbinden, wie Fig. 13 zeigt.

Was die Ableitung des Spülichts aus den Gebäuden in die Abzugscanäle betrifft, so findet bei einer tiefen Lage der letztern in dieser Beziehung keine Schwierigkeit statt. Es wird in den englischen Städten nur darauf gehalten, dafs diese Seitencanäle auch ein gehöriges Gefälle haben und mindestens $1\frac{1}{2}$ Fufs über der Sohle des Hauptcanals ausmünden. Dadurch wird bei einer etwanigen Ansammlung von Schmutz ein Zurücktreten desselben in die sehr engen und daher schwer zu reinigenden Seitencanäle vermieden. Wenn letztere mit Abtritten in Verbindung stehn, so ist diese Vorsicht noch dringender.

Durch die Seitencanäle dringt indessen zuweilen von den Haupt- ein starker Geruch in die Häuser und aufserdem haben sie Nachtheil, dafs die Ratten, die sich in jenen in grofser Anzahl halten, auch in die Häuser kommen. Um beides zu vermeiden, bringt man die kleinen Zuleitungscanäle an ihren untern Mündun- mit gufseisernen Klappen, die am obern Ende um eine horizon- Achse sich drehen. Sie öffnen sich also nur, wenn das vom aus eingegossene Wasser sie aufstöfst und schliefsen sich auf von selbst. Dieses Mittel ist indessen sehr unsicher und giebt zu einer vollständigen Verstopfung der Zuleitungsröhre Ver- rung. Vortheilhafter ist dagegen die in Fig. 120 dargestellte ordnung, welche in England häufig vorkommt. Die Zuleitungs- *A* geht nämlich nicht ohne Unterbrechung mit gleichem Ge- fort, sondern ist an einer Stelle gesenkt, worin also das Was- zurückgehalten wird, und eine Zunge, die aus einer Steinplatte besteht, tritt von der Decke bis unter das Niveau des hier gesam- Wassers herab. Dadurch wird die Röhre luftdicht geschlos- und auch die Ratten sollen nicht leicht hindurchgehn. Ein Uebel- dabei möchte nur der sein, dafs diese Vertiefungen wie Schlammkasten wirken, und von Zeit zu Zeit geräumt werden müs-

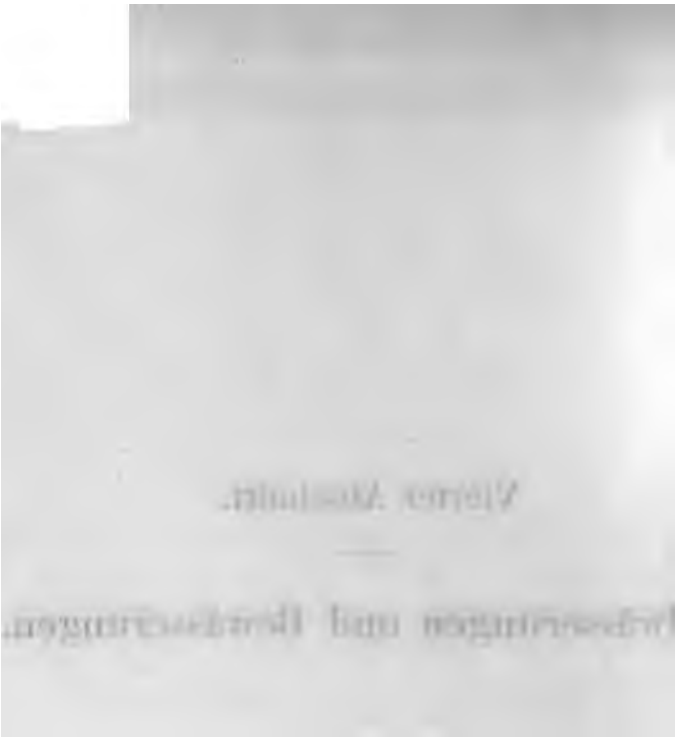
Zur Erklärung der letzten Figur mag noch bemerkt werden, *B* das Trottoir und *C* der darunter befindliche Kohlenkeller *D* ist dagegen ein oben offener Graben, der das Haus von der Base trennt, und Gelegenheit giebt, die Küche *E* und die sonsti- Räume des Souterrains zu erleuchten.



Vierter Abschnitt.

---

wässerungen und Bewässerungen.



§. 24.
Vorarbeiten.

i der unregelmäfsigen Gestaltung der Erdoberfläche kann es nicht
n, dafs das Wasser stellenweise mehr oder weniger zurückge-
en wird, indem nicht überall ein freier Abfluſs ihm eröffnet ist.
elne tiefe Bassins bleiben als Binnen-Seen dauernd gefüllt, und
dieses auch nicht geschieht, wird häufig der Boden nie so trocken,
er als Ackerland oder auch nur als Wiese benutzt werden
nte. Die Entwässerungen, von denen hier die Rede ist, beziehn
zuweilen auf den ersten Fall, oder auf die Ablassung von Seen,
ugsweise aber auf die Trockenlegung von Sümpfen. Letztere
en meist ebene, beinahe horizontale Flächen. Oft sind sie aus
n entstanden, welche durch das Material, das Bäche und Flüsse
n zuführten, sich nach und nach angefüllt haben. Indem das Was-
welches darüber flieſst, besonders die vorhandenen Vertiefungen
folgt, und diesen vorzugsweise neues Material zuführt, so bildet sich
selbst die nahe horizontale Oberfläche aus, die auch bei ferne-
Erhöhung sich immer von Neuem wiederherstellt, und eben des-
b einer natürlichen Entwässerung entbehrt. Häufig ist der Unter-
nd dieser sumpfigen, oder stets mit Wasser bedeckten Ebenen
an sich fruchtbarer Boden, und alsdann ist der Gewinn bei ihrer
twässerung oder ihrer Melioration aufserordentlich groſs. Dabei
t gemeinhin noch eine andre nicht minder wohlthätige Aenderung
Local-Verhältnisse ein. Nicht nur die versumpften Flächen, son-
n auch deren nächste Umgebungen waren bisher unbewohnbar
r doch wegen der Ausdünstungen so ungesund, dafs epidemische
ankheiten und namentlich Fieber fast nie in den Familien auf-
rten, die sich daselbst niedergelassen hatten. Auch dieses Uebel

verschwindet, sobald das stehende Wasser entfernt und der Boden cultivirt wird. In beiden Beziehungen stehn daher die Meliorationen mit den wichtigsten Interessen der menschlichen Gesellschaft in unmittelbarer Beziehung.

Die Erfolge solcher Anlagen haben vielfach den Erwartungen vollständig entsprochen, wie zahlreiche Beispiele in Deutschland, Frankreich, den Niederlanden und namentlich in Italien zeigen. Nichts desto weniger giebt es wohl kaum irgend welche andre hydrotechnische Ausführungen, die so oft als ganz verfehlt dargestellt werden, wie diese Meliorationen, selbst wenn die günstigsten Veränderungen unverkennbar sind. So war die Fläche von etwa 1 Quadratmeile Inhalt, der Schraden bei Mückenberg ohnfern der Preufsisch-Sächsischen Grenze an der Schwarzen Elster stets mit Wasser bedeckt und das schlechte Gras, welches den einzigen Ertrag lieferte, konnte nur unter Wasser gemäht und in kleinen flachen Kähnen abgefahren werden, während keine Niederlassung darauf bestand. Durch die Melioration hat diese Fläche seit einigen Jahrzehenden sich in culturfähiges Land verwandelt, die fruchtbaren Getreidefelder dehnen sich darauf immer weiter aus, und eine Anzahl Höfe sind darauf entstanden, die durch fahrbare Wege unter sich und mit den höhren Umgebungen in Verbindung stehn, aber dennoch wird das Unternehmen vielfach als ganz mifsglückt dargestellt und sogar behauptet, dafs die dafür verausgabten Kosten durchaus nutzlos verwendet seien. Abgesehn von manchen noch weniger zu billigenden Motiven dürfte das Privat-Interesse vorzugsweise diese eigenthümliche Auffassung veranlassen. Die sehr bedeutenden Kosten solcher Anlagen werden nach Maafsgabe des erwarteten Gewinnes auf die betreffenden Grundbesitzer vertheilt, woher der Einzelne sich bemüht, diesen Gewinn als möglichst geringe darzustellen, und alle Unbequemlichkeiten und Ausgaben, welche die Umgestaltung der Verhältnisse verursacht, als unerträglich zu schildern.

Dazu kommt freilich der Uebelstand, dafs durch die Melioration, welche auf gemeinschaftliche Kosten ausgeführt wird, die Verbesserung nur eingeleitet werden kann, der einzelne Grundbesitzer aber noch vielfache kleinere Anlagen machen mufs, um von dieser den vollen Nutzen zu ziehn. Aufserdem erfordert die wesentliche Aenderung der Bewirthschaftung auch eine Menge neuer Anschaffungen und sonstiger Einrichtungen, und wenn hierzu die nöthigen Mittel

an, der bisherige geringe Ertrag aber aufhört und durch nichts
tzt wird, so tritt der erwartete Vortheil nicht früher ein, als bis
wohlhabender und intelligenter Oeconom das Grundstück ankauft.

In vielen Fällen ist der Boden von der Art, dafs durch die
Trockenlegung seine Ertragsfähigkeit nicht vermehrt, vielmehr in
Jahren, die durch geringe Niederschläge sich auszeichnen, sogar ver-
mindert wird. Bei Aufstellung des ersten Entwässerungs-Projectes
für das Thal der obern Lippe entspann sich ein lebhafter Streit über
die Frage, ob die Erträge mehr durch den Ueberfluss, oder durch
den Mangel an Wasser beeinträchtigt würden. Vielfach ist es daher
nothwendig, zugleich mit der Entwässerung auch für Bewässerung zu
sorgen.

Demnächst tritt den Meliorations-Anlagen, besonders wenn sie
sich auf gröfsere Flächen beziehn, häufig noch die Besorgniss ent-
gegen, dafs die untern Gegenden dabei leiden. So lange nämlich
für die Trockenlegung eines Sumpfes nicht gesorgt ist, so ergiefst
sich der Flufs, wenn er anschwillt, in denselben und da das Was-
ser sich daselbst weit ausbreitet und keinen leichten Abfluss findet,
meint man gewöhnlich, dafs die unterhalb liegenden Flufsthäler
nur längere Zeit hindurch, aber doch weniger hoch inundirt werden,
wenn die nöthigen Abzugsgräben eröffnet sind, durch welche ein
freier Abfluss dargestellt wird. Man hört diese Ansicht oft ausspre-
chen, allein es ist keine Erfahrung nachzuweisen, wodurch sie be-
stätigt würde. Als dem Chiana-Flusse im Anfange dieses Jahrhun-
derts ein regelmäfsiger Lauf gegeben und die Entwässerung seines
berichtigten Thales (wovon später die Rede sein soll) vorgenom-
men wurde, hegte man in Florenz diese Besorgniss. Es zeigte sich
auch wirklich, dafs dieses Thal sonst 10 bis 15 Tage lang die hö-
hern Fluthen zurückhielt, während es dieselben später schon in 2
bis 3 Tagen ablaufen liefs, aber nichts desto weniger haben nach
Lorenzini's und Fossombroni's Mittheilungen seit eben dieser Zeit im
Thale nie solche hohe Anschwellungen statt gefunden, wie früher.
Der Einfluss der Entwässerung ist also in diesem Falle nicht nach-
theilig gewesen. Dasselbe hat sich auch in vielen ähnlichen Fällen
gezeigt, und die Erscheinung erklärt sich dadurch, dafs in den ge-
hörig angeordneten und kräftigen Abzugsgräben die Entwässerung
viel früher beginnt, und sonach schon vor dem Eintritt der höch-
sten Anschwellung grofse Wassermassen abgeflossen sind.

Der hohe Wasserstand, den man durch die Entwässerung ein Niederung aus derselben entfernen will, kann entweder durch d ursprüngliche Gestaltung der Erdoberfläche veranlafst sein, wie di ses bei den meisten von der Natur gebildeten Seen der Fall ist, od er ist eine Folge von künstlichen Anlagen und namentlich von Mühl und endlich wird er nicht selten durch die Erhöhung der Flufs- und Bachbetten verursacht. Der letzte Fall verdient eine beson dere Erwähnung. Alle Flüsse und Bäche führen nämlich eine Men Sand und andres Material mit sich, das sie an den Stellen, wo di Strömung mäfsig wird, fallen lassen. Dieses geschieht vorzugswei zur Zeit des Hochwassers, und wenn später das Wasser fällt u die Kraft des Stromes abnimmt, so wird derselbe durch solche Ab lagerungen zurückgehalten, und er mufs davor aufstauen, bis das Wasser die nöthige Druckhöhe erhält, um entweder darüber fortzu fliefsen, oder sich ein anderes Bette zu bilden. Am stärksten pfle gen diese Ablagerungen in den Krümmungen zu sein. Das Hoch wasser verläfst hier das eigentliche Bette und folgt in gerader Richtung dem Flufsthale, wo es aber eine Vertiefung berührt, da läfst es vorzugsweise die Stoffe fallen, die es mit sich führte. So erhöht sich stellenweise das Bette und zwar besonders zur Seite der stärksten Strömung des Hochwassers. Diese Veränderung der Ober fläche des Flufsthales hat wieder Einfluſs auf die Strömung. Die selbe findet bald in einer andern Richtung eine grofse Tiefe vo und indem sie dieser folgt, so geht die Erhöhung des Bodens hi wieder ebenso vor sich, wie früher an der ersten Stelle. Auf solc Art wächst ein Theil des Thales nach dem andern empor, und bildet sich eine überraschende Gleichmäfsigkeit in der Ablagerun Eine dauernde Versumpfung würde demnach in einem Thale, w ches hinreichendes Gefälle hat, nicht leicht vorkommen, wenn nicht durch künstliche Anlagen herbeigeführt würde. Nur bei ein Boden, der geringen Werth hat, bleibt der Besitzer desselben ruhiger Zuschauer der natürlichen Veränderungen des Flufslau sobald aber Ackerbau, oder auch nur eine geregelte Grasnutz eingeführt ist, so werden die Versandungen sehr nachtheilig. M verhindert diese, indem man durch Deiche die Aecker und Wi abschliefst, und sich bemüht, durch Deckung der Ufer den Flu seinem Bette zu erhalten. Auf solche Art wird die regelmä Umformung des Thales unterbrochen. Die der Ueberfluthung

ächen können sich nicht weiter erhöhen, und verlieren ihre Entwässerung, indem das Flufsbette mit den nächsten Umnach und nach sich erhebt.

; giebt das Zusammentreffen zweier Wasserläufe ng zur Entstehung der Sümpfe. Wenn ein Bach in einen det und letzterer sein Bette nach und nach erhöht, so ch der erste in demselben Maafse an, wie der Wasser-Flusses am Vereinigungspunkte sich erhebt, und das Thal verliert die natürliche Entwässerung und verwandelt sich mpf, oder einen See. Dasselbe geschieht auch, wenn ein sein Bette stark erhöht, eine natürliche Niederung trifft, ch einer Seite so weit ausdehnt, dafs wegen der grofsen ; von der Hauptrichtung des Flusses die Bildung einer ömung und sonach die natürliche Erhöhung daselbst nicht nn.

h werden Versumpfungen auch häufig dadurch erzeugt, ündungen der Flüsse und Bäche oder der Seen, die sich er ergiefsen, nicht offen bleiben. Zwei verschiedene Urwirken ihre Sperrung. Eines Theils wirft der Wellenheftigen Winden grofse Sandmassen in sie hinein, und dadurch zuweilen auch nicht vollständig geschlossen werlegen sie sich, der Richtung des Windes und des Küstenlgend, seitwärts, so dafs der Abflufs des Wassers durch gerung des Laufes erschwert wird. Findet dagegen kein m statt, und trifft zugleich kein heftiger Wellenschlag die so schlägt sich das Material, welches der Flufs mit sich ittelbar davor nieder. Hieraus bildet sich nach und nach d, oder die Ufer dehnen sich seewärts aus und der Flufs r. Indem derselbe aber auch in dieser neu hinzugekomecke eines gewissen Gefälles bedarf, so erhöht sich sein gel weiter aufwärts, oder die daneben liegenden Ufer vern sie schon niedrig waren, ihre natürliche Entwässerung. n den Mündungen der meisten gröfseren Ströme befindlirungen sind wahrscheinlich auf diese Art entstanden. Die der Rhône verlegt sich von Jahr zu Jahr weiter in das sche Meer. Nach einer Mittheilung von Prony rückte die des Po vom 12ten bis zum 17ten Jahrhundert jährlich then vor, seit dem Anfange des 17ten Jahrhunderts ist

das Fortschreiten aber viel stärker geworden und beträgt jä
sogar 18½ Ruthen. Ebenso zeigt eine Vergleichung der ältern
neuern Charten der Nogat (eines Armes der Weichsel, der
Elbing in das Frische Haff mündet), dafs deren Mündung von
bis 1794 jährlich um 6¾ Ruthen, von 1794 bis 1838 aber jä
um 11½ Ruthen vorrückte.

Der Grund, weshalb in neuerer Zeit die Verlandungen sch
eintreten, und deshalb die Versumpfungen jetzt stärker werden
früher, ist in der Zerstörung der Waldungen und in der Ausde
des Ackerbaues zu suchen. So lange nämlich der Boden seine
türlichen Schutz im Rasen und Strauche und in den Bäumen
die darin wurzelten, so wurde das Wasser, welches bei einem
ken Regen darauf niederfiel, nicht nur zurückgehalten, so dafs
nur langsam den Betten der Bäche und Ströme zufloss, sonder
berührte auch so wenig den nackten Boden, dafs es von diesem
Erde und den Sand nur selten lösen und mit sich führen kon
Wenn aber die Waldungen verschwunden sind und die Oberfl
in Ackerland verwandelt ist, wobei man immer für einen leich
Abfluss sorgt, so stürzt das Wasser bei starkem Regen sogleich
Bach- und Flussbetten zu und reifst von dem aufgelockerten Bo
grofse Erdmassen mit sich, welche jene Versandung und Verla
rung der Flüsse erzeugen. Die Wiederherstellung des frühern
standes ist aber abgesehn von dem langen Zeitraume, den sie jed
falls in Anspruch nimmt, in vielen Fällen dadurch unmöglich
worden, dafs das herabstürzende Wasser die schwache Humus-De
fortgespült hat und auf dem nakten Felsen keine Cultur gedeiht.

Im Vorstehenden sind die verschiedenen Ursachen der Vers
pfung zusammengestellt, doch können die Methoden zur Beseitig
derselben hier nur insofern mitgetheilt werden, als sie in das Ge
der Hydrotechnik fallen. Wie tief das Wasser gesenkt werden m
um diese oder jene Cultur, die der Beschaffenheit des Bodens u
den sonstigen localen Verhältnissen entspricht, zu ermöglichen,
eine Frage, die nur der Landwirth beantworten kann. Ueberha
ist bei Meliorationen der Wirkungskreis des Wasserbaumeisters v
dem des Oeconomen so wenig scharf getrennt, dafs dem erste
nicht leicht die Bearbeitung und Ausführung eines Entwurfes g
überlassen wird, woher es sich rechtfertigt, dafs nachstehend
verschiedenen anzuwendenden Methoden nur in allgemeinen Um

getheilt sind. Der eigentliche Deichbau wird aber später be-
t werden.

ll das Project zur Entwässerung eines Sumpfes oder zur
legung eines Sees aufgestellt werden, so muſs man sich
st durch eine genaue Localuntersuchung von der Ursache der
mung des Wassers Rechenschaft geben, damit einer ferneren
ung derselben gehörig vorgebeugt werden kann. Demnächst
genaue Aufnahme des Terrains erforderlich. Dabei tritt
wierigkeit ein, daſs eine sumpfige Fläche nicht überall zu-
t ist, und da nicht nur die Grenze derselben, sondern auch
in belegenen Vertiefungen und Erhebungen auf der Charte
ichnen sind, so muſs man eine Methode wählen, wobei man
ikette beinahe ganz entbehrt, und durch Winkelmessungen
zelnen Punkten aus schon in den Stand gesetzt wird, die
selben zu bestimmen.

rzu empfiehlt sich zunächst die unter dem Namen der Po-
hen Aufgabe bekannte Methode, mittelst deren man die Lage
nktes findet, wenn man von demselben aus die beiden Win-
chen drei ihrer Lage nach bekannten andern Punkten ge-
hat. Es bedarf kaum der Erwähnung, daſs man diese Auf-
wol durch Rechnung, was unbedingt am sichersten ist*),
h mittelst des Meſstisches und am bequemsten mittelst der
e lösen kann. Im letzten Falle genügt es sogar schon, nach
kannten Punkten zu visiren, wobei freilich jede Controlle
ortfällt, als wenn man nur zwischen drei Punkten die Win-
essen hätte.

Detail-Messungen muſs man zuweilen mit Instrumenten
n, die keiner festen Aufstellung bedürfen, weil der Boden
r so nachgiebig ist, daſs man ein festes Stativ in seiner Lage
ber erhalten kann, oder man wohl gar gezwungen ist, auf
die Tiefen- und zugleich auch die Winkelmessungen vorzu-

Man ist alsdann auf den Spiegel-Sextant und ähnliche
ns-Instrumente beschränkt, während die Schmalkaldische

---

*) Wie man unter Zugrundelegung einer gröſsern Anzahl von Festpunk-
wahrscheinlichste Lage des gesuchten Punktes findet, habe ich in den
gen der Wahrscheinlichkeits-Rechnung, Berlin 1867, ausführlich ent-

Boussole, mit der aus freier Hand gemessen wird, bei kl
Entfernungen sehr brauchbar ist.

Die Ermittelung der Höhenlage des Bodens ist am leic
wenn die zu entwässernde Fläche ein See ist, das heifst, w
so hoch mit Wasser bedeckt ist, dafs dasselbe eine horizontal
fläche annimmt. In diesem Falle verwandelt sich das Niv
in eine Peilung oder Tiefenmessung. Hierüber wird bei G
heit der hydrometrischen Messungen, die den Strom-Corr
vorangehn, ausführlich die Rede sein. Ist dagegen der Sum
oder doch stellenweise stark verwachsen und dadurch der
spiegel vielfach unterbrochen, oder wenn eine merkliche S
sich irgendwo darin zu erkennen giebt, so bildet die Was
nicht mehr eine horizontale Ebene. Man kann alsdann die
rung eines Nivellements nicht umgehn, und zwar mufs m
da hier eine grofse Genauigkeit nothwendig ist, eines guten
mentes mit Fernrohr und Libelle bedienen. Es fehlt aber
hin an der nöthigen Anzahl von Punkten, die fest genug
das Instrument mit Sicherheit darauf stellen zu können, m
sie daher theilweise durch Rüstungen künstlich bilden, und
sen aus die Höhenlage des umgebenden Bodens an fest ein
nen Visirlatten bestimmen. *) Aufserdem kann man auch
scharf markirte Signale, wie etwa Kugeln im Sumpfe aufgest
die Höhe derselben durch genaue Messung der Vertikalwi
dem höhern Ufer aus finden.

Die Resultate des Nivellements stehn mit der angefertigte
in genauer Beziehung, und es kommt darauf an, sie auf d
anzudeuten, dafs man ein deutliches Bild von der
Höhenlage der zu entwässernden Fläche erhält. Durch
gung besonderer Nivellements-Profile erreicht man diesen
nicht. Man gewinnt keine Uebersicht, wenn man die versc
Profile besonders nachschlagen mufs, und es gewährt auc
Erleichterung, wenn letztere unmittelbar in die Charte eing
sind, wodurch überdies die Deutlichkeit zu leiden pflegt. P
ist es, die Höhenlage aller gemessenen Punkte über oder u

*) Die Rücksichten, die zur Erlangung sicherer Resultate bei
vellement zu nehmen sind, habe ich in dem angeführten Werke üb
scheinlichkeitsrechnung im 5. Abschnitte gleichfalls behandelt.

nenen Normalhorizont in Zahlen einzuschreiben. Ein be-
ılares und scharfes Bild von der Gestaltung der Oberfläche
n aber, wenn man in die Charte diejenigen Linien einträgt,
Durchschnitt gewisser horizotalen Ebenen mit der Oberfläche
ı. Diese Art der Bezeichnung wird heutiges Tages auch
n Charten vielfach angewendet.

unter den Vorarbeiten, welche der Ausführung einer Mo-
vorangehn müssen, die Untersuchung der Beschaffenheit
ens inbegriffen ist, darf kaum erwähnt werden, indem hier-
tsächlich der ganze Bewirthschaftungsplan und der zu er-
Nutzen des Unternehmens abhängt. Diese Untersuchung
sen auch einen andern, mehr hydrotechnischen Zweck,
s fragt sich, ob der Boden bei der erfolgenden Austrock-
ı bedeutend senken wird, wodurch die spätere Entwässe-
der leidet. Bei Sand- und Kiesgrund hat man dieses we-
fürchten, bei einem stark durchweichten Thonboden in hö-
rade, und am meisten, wenn der Boden wie etwa loser
durchwachsenen Wurzelfasern zusammengesetzt ist und
sogar auf dem Wasser schwimmt. Die zu erwartende Sen-
Bodens ist aber nicht nur von der Beschaffenheit des wei-
rgrundes, sondern auch von der Mächtigkeit desselben ab-
Man muſs also durch Bohrversuche sich hiervon eine nähere
verschaffen und demnächst durch ungefähre Schätzung die-
efe zu bestimmen suchen, zu der die Oberfläche herabsin-

er sind die Bäche oder Flüsse, welche sich in die Nie-
gieſsen, oder darin geleitet werden können, ein wichtiger
ıd, und zwar kommt aufser der Höhe, in der man sie abfangen
ch ihre Wassermenge sowol in der trockenen Jahreszeit,
heftigen Regengüssen und beim Schmelzen des Schnees in
und endlich ist in beiden Fällen noch die Beschaffenheit
ers zu untersuchen. Ein reines Wasser, oder ein solches,
ılar ist, setzt keinen Niederschlag ab, man kann es daher
Entwässerungsgräben abführen, ohne befürchten zu dürfen,
elben dadurch verschlämmt werden. Dieses Wasser ist in-
r die Cultur weniger nützlich. Wenn dagegen Thon- und
heilchen im Wasser schweben, so düngen sie den Boden.
ühren die Bäche auch Sand, Kies und Geschiebe und zwar

oft in grofser Menge mit sich. Alsdann mufs man sie von de mittelbaren Eintritt in die Entwässerungsgräben abhalten, w dieselben verflachen würden. Dieses Wasser ist aber bei bes niedrigem Boden von der äufsersten Wichtigkeit, indem es z sogenannten Colmationen benutzt werden kann, das heifst, ma melt es in grofsen Bassins an, worin es zur Ruhe kommt u erdigen Stoffe und gröberen Geschiebe fallen läfst. Auf solc erhöht man die einzelnen Flächen soweit, dafs ihnen die nat Entwässerung gegeben werden kann.

Endlich sind die meteorologischen Verhältniss noch in Betracht zu ziehn. Man mufs, wenn auch nur anni nicht nur die Menge des jährlichen Niederschlages, sonder die gröfste Regenmenge kennen, die an einem oder an zwei ander folgenden Tagen herabgefallen ist.

Wie diese verschiedenen Untersuchungen zur Entwerfu Projectes benutzt werden, wird sich aus dem Folgenden e Die Mittel, die man aber anwenden kann, um die Entwässe bewirken, sind:

1) Beförderung der Vorfluth. Dieses geschieht e durch Senkung des Wasserspiegels in dem Flusse od See, der die Entwässerungsgräben aufnimmt, oder du seitigung der sonstigen Hindernisse des Abflusses.
2) Entfernung des fremden Wassers von der zu sernden Gegend, damit die Abzugsgräben keine ander sermenge abzuführen haben, als diejenige, welche in dem selbst niederschlägt, oder in Quellen darin hervortritt.
3) Anlage der Entwässerungsgräben, deren angemess ordnung und Profilirung wesentlich zum Gelingen des nehmens beiträgt.
4) Erhöhung des zu entwässernden Terrains durch Colm oder durch den Niederschlag der hineingeleiteten Flüs Bäche.
5) Sickergräben oder Drains, die jedoch nicht sowol i pfigen Niederungen, als in höherem Terrain benutzt w um einen undurchlässigen Boden trocken zu legen.

Aufserdem kann man noch durch künstliche Entw rung, das heifst durch Anwendung von Schöpfmaschinen, d ser entfernen, doch kommt dieses bei solchen Meliorationen,

r die Rede ist, nicht leicht vor. Schliefslich mufs noch erwähnt rden, dafs man zuweilen durch Anpflanzung solcher Gewächse Wasser zu entfernen gesucht hat, welche grofse Quantitäten des- consumiren. Namentlich eignen sich hierzu manche Baum- ngen, die man indessen alsdann nur als Strauch cultivirt, da Treiben von recht vielen und kräftigen Zweigen hierbei beson- wirksam ist. Eine zehnjährige Weidenwurzel soll in sechs etwa einen Cubikfufs Wasser aufsaugen. Da man aber ge- lich eine andre und vortheilhaftere Benutzungsart des Bodens sichtigt, so wird hiervon nicht leicht Gebrauch gemacht, wenn nicht etwa zugleich darauf ankommt, Faschinenholz für die son- Entwässerungsanlagen zu gewinnen.

§. 25.

Beförderung der Vorfluth.

Wenn die versumpfte Fläche sich neben einem Flusse befindet, durch Verlandung seines Bettes und seiner nächsten Ufer einen ern Wasserstand angenommen und dadurch Veranlassung zum stehn des Sumpfes gegeben hat, so mufs man untersuchen, ob Wasserstand an der Stelle, wo der Abzugsgraben einmündet, nkt werden kann. Die dabei anzuwendenden Mittel werden bei egenheit der Stromcorrectionen ausführlich behandelt werden, hier f nur insofern davon die Rede sein, als man zuweilen die Länge Flusses mittelst Durchstechung der gröfseren und schärferen mmungen vermindert. Gelingt es, auf diese Art, unterhalb der mündung des Abzugsgrabens eine Verkürzung des Stromlaufes rorzubringen und stellt sich in dem neuen Flufsbette beim Som- wasser kein stärkeres relatives Gefälle dar, als das alte hatte, gewinnt man dasjenige Gefälle, welches der früheren Mehrlänge Flusses entpricht. Solche Durchstiche sind aber oft sehr kost- , und zwar nicht nur in Bezug auf die Ausführung, sondern auch gen der vielfachen Entschädigungen, die dabei vorzukommen pfle- n und wegen der nothwendigen Uferdeckungen, wodurch die Bil- ng neuer Serpentinen verhindert wird. Man darf von diesem ittel auch nur Gebrauch machen, wenn man im Stande ist, um ne bedeutende Länge den Flufslauf zu verkürzen.

Als Beispiel von dem günstigen Erfolge solcher Geradleitung des Flusses, in Bezug auf die Senkung des Wasserspiegels, mögen die grofsartigen Arbeiten angeführt werden, die vor 50 Jahren am Ober-Rhein zwischen Neuburg bei Karlsruhe und der Mündung des Frankenthaler Canales bei Mannheim, auf der Grenze zwischen Baden und Rheinbayern ausgeführt sind. Die Stromlänge betrug früher 15¾ Meilen, und ist durch siebenzehn Durchstiche auf 10 Meilen reducirt, so dafs man 5¾ Meilen an Länge gewonnen hat. Diese Durchstiche waren nach 20 Jahren beinahe vollendet, doch hatten sie grofsentheils noch nicht den ganzen Strom aufgenommen und zum Theil waren sie noch nicht eröffnet, und dennoch blieb Karlsruhe gegenüber der Wasserstand des Hochwassers schon 5 Fufs und der des Mittelwasers 3 Fufs unter dem früheren.

Wenn der Flufs, in welchen der Abzugsgraben mündet, ein starkes Gefälle hat, so kann man den Wasserspiegel des Grabens auch dadurch senken, dafs man den letzteren neben dem Flusse weiter abwärts leitet, und ihn erst später in diesen ausmünden läfst. Das im Sumpfe gesammelte Wasser ist immer sehr rein und giebt keine Veranlassung zu Versandungen, das dem Graben gegebene tiefe Profil erhält sich daher lange Zeit hindurch und deshalb ist auch kein starkes Gefälle zur Abführung der ganzen Wassermenge nothwendig. Auf solche Art kann leicht ein Abzugsgraben, der 2 bis 3 Fufs tiefer als der Flufs liegt, etwa eine Viertelmeile weiter abwärts schon in denselben geführt werden. Die Elbe und Havel fliefsen zwischen Genthin und Werben etwa auf acht Meilen Länge parallel neben einander. Am obern Ende dieser Strecke, in der Richtung des alten Plauenschen Canales liegt der Wasserspiegel der Elbe etwa 15 Fufs über dem der Havel, da jedoch das Gefälle der Elbe 1:5000 das der Havel dagegen nur 1:16000 beträgt, so kann letztere unterhalb Havelberg sich in die erste ergiefsen, und das weit ausgedehnte tiefe Terrain zwischen Oder und Elbe entwässern.

Legt man in dieser Art einen Abzugsgraben neben den Fluss so begegnet man leicht Bächen, die sich in den letzteren ergiefsen. Wollte man dieselben in den Graben treten lassen, so würde die gröfsere Wassermenge ein stärkeres Gefälle und somit eine Erhebung des Wasserspiegels zur Folge haben, aufserdem würde aber auch das Material, welches der Bach, wenigstens zur Zeit seiner Anschwellung, mit sich führt, das Bette des Grabens verflachen und

ch aufs Neue die Wirksamkeit der Anlage beeinträchtigen. Man also die beiden Wasserläufe von einander trennen und dieses r möglich, wenn man einen über dem andern fortführt. Da Abzugsgraben beinahe auf seine ganze Länge tiefer, der Bach gen höher, als der Flufs liegt, so ist es schon aus diesem Grunde messen, den Bach in einem Brückencanale über den Graben hren. Es giebt aber noch andere Gründe, die für diese Anng sprechen. Insofern nämlich der Graben nur aus einer Ebene Wasser abführt, die bei heftigem Regen inundirt wird, so hebt sich Wasserspiegel desselben nie zu einer bedeutenden Höhe, und darf der Brückenöffnung, durch welche man ihn leitet, keine rofse Weite geben, als der Bach erfordern würde, der in höhe-Terrain entspringt und oft in kurzer Zeit hoch anschwillt. So- aber ist man auch häufig gezwungen, denjenigen Wasserlauf, ei der Durchkreuzung der untere ist, noch tiefer zu senken, s mufs sogar immer geschehn, sobald beide Wasserstände nahe icher Höhe liegen. In diesem Falle würde ein Bach, der Sand Geschiebe führt, die vertiefte Rinne bald sperren und sich als- in den darüber befindlichen Graben ergiefsen, wogegen umgekehrt etztere, wenn er die vertiefte Rinne durchfliefst, dieselbe offen t, indem sein Wasser von grobem und schwerem Material frei Dennoch mufs man, um ein mögliches Verstopfen zu verhindern m häufigen Räumungen vorzubeugen, scharfe Ecken vermeiden n sanften Krümmungen den Graben hindurchführen. Fig. 121 af. X. zeigt das Profil des gesenkten Abzugsgrabens, welches elmini empfiehlt.

Da jeder Flufs gewissen Anschwellungen unterworfen ist lieselben in den meisten Fällen so hoch sind, dafs sie das ge- Gefälle der Abzugsgräben aufheben, so hört während dieser lie Entwässerung auf, und gemeinhin würde auch das Hochwas- urch Rückstau in die zu entwässernde Gegend treten und selbige iren, wenn man es nicht durch besondere Anlagen davon ab- . Einer Ueberfluthung kann hierdurch gewöhnlich nicht vor- gt werden, indem die Anschwellung des Flusses und sonach Unterbrechung der Abwässerung fast immer so lange anhält, das Sammelwasser in der Niederung aus den Gräben tritt und niedrigsten Umgebungen oder auch wohl das ganze Terrain schwemmt, dagegen verhindern jene Anlagen das Eintreten des

trüben Flufswassers und sonach die Verschlämmung der Gr
Die Periode der höchsten Anschwellung fällt gemeinhin in eine
reszeit, wo der Graswuchs dadurch noch nicht leidet, auch für
Ackerbau der höhere Wasserstand, wenn er nicht zu lange a
unschädlich ist.

Die Anlagen, welche das Eintreten des Hochwassers der F
in die Abzugsgräben verhindern, ohne den Ausfluſs des Binne
sers zu hemmen, sobald jenes aufgehört hat, nennt man Siele.
Construction wird beim Deichbau beschrieben werden. Im A
meinen wäre hier nur zu bemerken, daſs sie bei schnellen und
figen Aenderungen des Wasserspiegels sich von selbst schlieſsen
öffnen, indem sie mit Klappen oder Thüren versehn sind, die
auſsen aufschlagen. Wenn aber der Graben in einen Fluſs m
der langsam und selten anschwillt, so gewähren Schütze, die
angestellte Aufseher gehoben und geschlossen werden, eine grö
Sicherheit und gewöhnlich auch einen freieren Abfluſs.

Endlich wäre noch zu erwähnen, daſs der Abzugsgraben
eine Stelle das Flufsbette treffen muſs, wo dasselbe nahe am U
hinreichend tief, auch vor Ablagerungen von Material geschützt
In dieser Beziehung empfehlen sich vorzugsweise Stromkrümmen
zwar die concaven Seiten derselben. Es befindet sich hier gen
hin die groſse Tiefe unmittelbar neben dem Ufer, und Ablagerun
treten nicht ein, da schon das Ufer im Angriffe liegt, und d
künstlich gedeckt werden muſs.

Es ist bisher nur die Rede davon gewesen, wie man die W
fluth durch Darstellung einer möglichst tiefen Ausmündung des
zugsgrabens befördert, es kann aber auch geschehn, daſs in d
Abzugsgraben selbst künstliche oder natürliche Wehre vorha
sind, welche den schädlichen Aufstau bilden. Dieser Fall ist n
selten und namentlich sind es häufig Mühlenanlagen, durch w
che die Versumpfung veranlaſst wurde und durch deren Bes
gung schon das Uebel gehoben werden kann. Zuweilen ist al
die gänzliche Beseitigung der Mühle nicht erforderlich, vielmehr
nügt schon ein gehörig weiter und tiefer Grundablafs, um der
höhung des Flufsbettes vorzubeugen.

In Gebirgsgegenden werden häufig Seen dadurch gebi
daſs einzelne Höhenzüge oder Bergrücken die Thäler durchs
und das Wasser vor sich so hoch anspannen, bis es sie über

l wie über ein künstliches Wehr abfliefst. Die vielen Seen, liche den nördlichen und zum Theil auch den südlichen Abhang r Alpen umgeben, sind auf diese Art entstanden, und man darf hl annehmen, dafs unmittelbar nach der Bildung der jetzigen Erd-berfläche die Anzahl und Ausdehnung solcher Seen noch gröfser ar, weil viele derselben theils durch Anfüllung ihrer Betten und heils durch Vertiefung der Abflüsse verschwunden sind.

Nur in seltenen Fällen hat man eine tiefe Senkung solcher en durch Stollen versucht. Beispielsweise ist dieses am Lungern-e im Canton Unterwalden im Anfange dieses Jahrhunderts ge-chehen, wo nach 40jähriger, oft unterbrochener Arbeit endlich im nfange des Jahres 1836 in der Tiefe von 120 Fufs unter dem bis-rigen Wasserspiegel ein Stollen eröffnet wurde, durch welchen der e bald darauf eben so tief abfloss.

§. 26.

Entfernung des fremden Wassers.

Die sumpfigen Flächen, deren Entwässerung man beabsichtigt, men fast jedesmal die niedrigsten Stellen der Flufsthäler ein, und den daher nicht nur durch das Wasser des Flusses, sondern auch ch die Bäche gespeist, die seitwärts von dem höheren Ufer herab-sen. Je gröfser aber die abzuführende Wassermenge ist, um so hr füllt sich unter übrigens gleichen Umständen der Abzugsgraben oder um so weniger senkt er den Wasserstand in der Niede-g, die durch ihn trocken gelegt werden soll. Es ist daher noth-ndig, den Zufluss des fremden Wassers möglichst zu beschränken.

Man erreicht hierdurch aber noch andre wichtige Vortheile. e Bäche und Flüsse, welche ein stärkeres Gefälle haben, führen nlich, besonders zur Zeit der Anschwellung, eine Menge Erde, nd und Geschiebe mit sich, die in den Abzugsgräben niederschla-n und häufige Räumungen derselben nothwendig machen. Endlich t das fremde Wasser auch stärkeren Anschwellungen ausgesetzt, s das Sammelwasser in dem Sumpfe, und man ist sonach bei der reinigung beider gezwungen, den Ableitungsgräben gröfsere Pro-le zu geben, wodurch die Anlage-Kosten für Grabenarbeiten erhöht rden.

Hierdurch begründet sich die Regel, dafs man bei jeder vo
nehmenden Entwässerung, soviel es möglich ist, das fremde W
ser von der Niederung abhalten und es in besondern Can
derselben vorbeiführen mufs. Diese Vorsicht ist im Allgemei
so nothwendiger und auch um so leichter zu beobachten, je s
das Gefälle dieses Wassers in seinem obern Laufe ist. Man
ihm ein künstliches, und zwar bei allen Wasserständen vo
dig geschlossenes Bette, das entweder am Rande des hö
Ufers, also auf einer Seite bleibt, oder das man durch die Nie
selbst hindurchführt.

Im ersten Falle umgeht man die Theilung der Niederung.
zweite Fall, wobei nämlich die Niederung in zwei getrennte T
zerlegt wird, bietet manche Schwierigkeiten, man mufs nämlich j
Theil der Niederung mit einem besondern Entwässerungsgraben
sehn, aufserdem aber kann man das fremde Wasser nicht auf h
rem Terrain herabführen, welches Gelegenheit bietet das erfo
liche Gefälle darzustellen, vielmehr mufs man die Sohle des C
les sogleich bis zum Niveau der Niederung senken und nur d
hohe Verwallungen zu beiden Seiten läfst sich das Uebertreten
fremden Wassers vermeiden.

Bietet sich dagegen Gelegenheit, den Bach zur Seite der N
derung abzuleiten, so wird das natürliche Bachbette in einer a
messenen Höhe geschlossen, und das neue Bette steigt, indem
am Rande der Anhöhe sich hinzieht, allmälig herab, doch erre
es die Thalsohle erst unterhalb der zu entsumpfenden Gegend. M
braucht dieses neue Bette gewöhnlich nur auf der Thalseite mit D
chen zu umgeben, auf der Bergseite fehlen solche ganz, oder
sind doch nur stellenweise und in geringerer Höhe erforderlich. Tr
es sich aber, dafs man tiefe Seitenthäler überschreiten mufs, so
die gröfsere Tiefe, welche das Bette hier erhält, keineswegs na
theilig, vielmehr bietet sie eine günstige Gelegenheit zur Ablag
rung des Geschiebes. In dieser Beziehung ist auch eine stell
weise grofse Verbreitung des Bettes nicht ungünstig, denn auch
wirkt auf die Verminderung der Geschwindigkeit und sonach
die Reinigung des Wassers hin, und verhindert dadurch das Ab
gern von Material in den untern Flufsstrecken. Wenn sonach d
Boden keinen grofsen Werth hat, so darf man solche Querthä
nur auf der Thalseite abschliefsen und sie dadurch zur Zeit der A

...wellung der Bäche in Seen verwandeln, indem die Bäche, de... man begegnet, zugleich in das neue Bette eintreten. Damit aber ... Canäle ihr Gefälle dauernd erhalten und nicht etwa stellen... sich so vertiefen, dafs in der untern Strecke Mangel an Gefälle ...steht, so ist es von Wichtigkeit, in gewissen Abständen durch ...dwehre oder Schwellen ihre Sohle zu sichern. Dieses sind ...hgehende breite Rücken, die aus Steinen möglichst tief und re...mäfsig gepackt und mit grofsen und lagerhaften Felsblöcken ab...pflastert werden. Prony räth, sie bei starkem Gefälle in Abstän... von höchstens 2000 Meter (etwa ¼ Meile) anzulegen. Vor jeder ...hen Schwelle wird sich ein Stau bilden, der die Geschwindig... des Wassers mäfsigt, man kann daher gerade hier ohne Nach...il auch schärfere Krümmungen anbringen, wenn der Zug der An... solche bedingt. Vor den Schwellen wird eine starke Verlan...g und Erhöhung des Bettes eintreten, wodurch sich zuletzt ein ...nlich gleichmäfsiges Längen-Profil und zwar für dasjenige Gefälle ...let, welches gleich Anfangs durch die Steinschwellen bezeichnet ...rde. In demselben Maafse, wie die tiefen und breiten Stellen im ...en Bette verschwinden, worin sich das Geschiebe absetzt, vermehrt ... hier die Geschwindigkeit, und die fernere Erhöhung des Bet... wird geringer, oder hört ganz auf, wenn endlich alles Material ...ter stromabwärts geführt wird.

Es giebt indessen zuweilen Veranlassung, das fremde Wasser ...die Niederung hineinzuleiten, und für diesen Fall ist es vortheil...; keine feste Coupirung in dem ursprünglichen Flufs- oder Bach...e anzubringen, vielmehr hier ein Stauwerk, also eine Art von ...iarche zu erbauen, die beliebig geöffnet werden kann. Letz...s geschieht theils behufs der Colmationen, theils aber auch, zur Zeit der Dürre die Gräben der Niederung mit Wasser zu ...en, auch wohl, um in diesen durch stärkere Strömung der Ver...mtung zu begegnen.

Wird der Flufs oder Bach durch die Niederung hindurchgeführt, vermindert sich die grofse Tiefe des ursprünglichen Bettes durch ... darin angesammelten Niederschläge, und es tritt alsdann die ...enthümliche Erscheinung ein, dafs die Sohle bedeutend höher liegt, ... die beiderseitigen Wiesen oder Aecker. Bei kleinen Wasserläu...n läfst sich in solchem Falle ein Durchbruch der Dämme leicht ...rhindern. Man sieht daher in Gebirgsgegenden häufig die seit-

wärts herabkommenden Bäche auf 10 bis 20 Fuſs hohen Erdrück über dem Wiesengrunde flieſsen, und dieses Verhältniſs ist nicht künstlich dargestellt, sondern es entstand durch die allmälige Ablagerung des Materials. Man bemühte sich nur, durch Erhöhung der Deiche den Bach von den Wiesen abzuhalten, die er sonst mit dem Geschiebe überdecken würde. Die von den Tyroler Alpen herabkommenden Flüsse im nördlichen Italien zeigen ähnliche Erscheinungen. Auch ihre Betten befinden sich 20 Fuſs über den umgebenden Feldern und sind von innen mit Mauern eingefaſst, welche sich gegen Deiche lehnen. Die Straſsen steigen jedesmal stark an, sobald sie sich einem solchen Flusse nähern, und das grobe Geschiebe, welches das Bette stets anfüllt, das man zum Theil durch Ausfahren zu beseitigen sucht, läſst auf eine noch immer zunehmende Erhöhung schlieſsen. Auch gröſsere Ströme, wenn sie vor ihrer Mündung weite Niederungen berühren, zeigen, wenn gleich in geringerem Maaſse, doch ähnliche Erscheinungen. So erhebt sich der Rhein selbst beim niedrigsten Wasserstande vor Vianen (in der Nähe von Utrecht) bedeutend höher, als das eingedeichte Land liegt, auch der Wasserspiegel der Nogat bleibt vor den Elbinger Triften und an der Mündung des Kraffohl-Canals beständig höher, als das östliche eingedeichte Ufer. Man hat diese unnatürliche Anspannung künstlich herbeigeführt, indem man durch die Bedeichung eine gleichmäſsige Erhöhung der ganzen Niederung unmöglich machte.

Ein interessantes Beispiel der Abhaltung des fremden Wassers von dem Abzugsgraben bietet die Linth. Der Canal, der den Wallenstädter See ableitet, nimmt kein fremdes Wasser auf, sondern dieses wird auf beiden Seiten in besondern Canälen nach dem Zürcher See geleitet. Obwohl diese Trennung die Anlage von zwei Canälen nöthig machte, so entschloſs man sich dazu, um den Hauptcanal nicht der Gefahr auszusetzen, durch starke Fluthen, die seitwärts eintreten, in seinen Ufern angegriffen und durch das Material was sie von den Bergen herabbringen, gesperrt zu werden. Sodann aber führen die Seitencanäle in trockner Jahreszeit auch wenig Wasser ab und sonach senkt sich alsdann in ihnen der Wasserspiegel unter den des Hauptcanals, und es wird dadurch möglich, das Terrain als Weideland und Wiese zu benutzen. Man hat aber auch dafür gesorgt, daſs die Seitencanäle nicht unmittelbar das Bergwasser aufnehmen, vielmehr wird dieses zunächst durch steinerne Wehre, die

[illegible]ahre genannt, in den natürlichen Vertiefungen aufgestaut und es [illegible]t dabei alles Geschiebe und feineres Material, das es mit sich [illegible]rt, fallen. In dieser Weise bewirken die Seitenzuflüsse eine all[illegible]mälige Ausgleichung und Erhöhung des Thales, wodurch wieder der [illegible]auptcanal in seinen Ufern gesichert wird. Aber auch die Linth [illegible]albst, die als wilder Bergstrom aus dem Canton Glarus herabkommt [illegible]nd das schwerste Geschiebe und dabei sogar Steinblöcke von meh[illegible]eren Cubikfufsen führt, durfte nicht unmittelbar in den Abzugsgra[illegible]ben des Wallenstädter Sees treten. Zur Aufnahme dieses Geschie[illegible]bes bot indessen der See wegen seiner grofsen Tiefe eine passende Gelegenheit, doch mufste man, um eine frühere Ablagerung zu ver[illegible]meiden, das Flufsbette mit starkem Gefälle, also hoch über der Thalsohle bis nach dem See führen, und es von Zeit zu Zeit wei[illegible]ter verlängern.

In vielen Fällen ist die Abschliefsung des fremden Wassers das wirksamste Mittel, welches man zur Entwässerung einer sumpfigen Gegend anwenden kann. So haben die vielfachen Versuche, die man beinahe seit 2000 Jahren zur Cultivirung der Pontinischen Sümpfe zwischen Rom und Neapel gemacht hat, wie Prony meint *), nur deshalb den erwarteten Erfolg nicht gehabt, weil das fremde Wasser gar zu nachtheilig darauf einwirkte. Die Pontinischen Sümpfe erstrecken sich auf 5½ Meilen Länge von Cisterna bis Terracina und zwar ziemlich parallel der Meeresküste. Von letzterer trennt sie eine doppelte Dünenreihe, die sich südöstlich bis zum Vorgebirge Monte Circeo hinzieht. Der Versuch, diese Dünen zu durchstechen, und das in der Niederung angesammelte Wasser auf dem kürzesten Wege, und zwar in einem gehörig weiten und tiefen Canale dem Meere zuzuführen, hatte keinen dauernden Erfolg, woher früher Castelli und später Prony empfahlen, die Bäche und Flüsse, die sich in die Sümpfe ergiefsen, mit Umgehung der letzteren direct in das Meer zu leiten.

Die Anlagen zur Ableitung des fremden Wassers sind bereits angedeutet, doch bedarf die Feststellung des dabei zu wählenden Profiles noch einer besondern Erwähnung. Dieses läfst sich aus den Gesetzen über die Bewegung des Wassers in Flufsbetten berechnen, wenn man das Gefälle und die Wassermenge kennt. Hier-

*) *Description hydrographique et historique des marais Pontins par de Prony.* Paris 1822.

bei kommt es jedoch weniger auf die durchschnittliche Wasse des Flusses oder Baches an, als vielmehr auf das Maximum ben, das bei plötzlichem Schmelzen des Schnees, oder nach be heftigem Regen abgeführt wird. Gewifs ist es bei der Se solcher Witterungsverhältnisse sehr schwierig und beinahe lich, directe Messungen darüber anzustellen, und man muf gemeinhin aus der Gröfse des Flufsgebietes und aus der Bes heit desselben auf die höchste Reichhaltigkeit der Flüsse sc Dabei ist aber besonders die gröfste Regenmenge zu berücks welche zu Zeiten in einem oder in zwei auf einander folgen gen niederfällt.

Prony fand, dafs kleine Wasserläufe, wenn sie in kurz schenzeiten durch starke Zuflüsse gespeist wurden, schon in fernung von einigen hundert Fufsen eine gleichmäfsige S zeigten, und er schlofs daraus, dafs die stärksten momenta schwellungen weiter abwärts verzögert würden, und sonach genmenge nicht so schnell, wie sie niedergefallen ist, sich i bette sammelt und darin weiter strömt. Die Dauer der Anschwellungen ist gewifs von vielen Zufälligkeiten abhängig nahm an, dafs dieselbe bei den Flüssen, welche in die Pon Sümpfe treten, sich auf 200000 Secunden, oder auf $2\frac{1}{4}$ T dehnt. Die Höhe des Niederschlages, wodurch eine sol schwellung verursacht wird, setzte er aber gleich 6 Centim $2\frac{1}{4}$ Zoll, auch nahm er an, dafs der dritte Theil davon sic Boden einzieht, so dafs dem Flusse nur 4 Centimeter zufliel einzelnen Fällen hat man zwar stärkere Niederschläge be allein eines Theils meint Prony, dafs man die seltenen Aus die vielleicht in hundert Jahren einmal erwartet werden nicht zur Norm der Anlage wählen dürfe, und demnächst se zweifelhaft, ob ein solcher heftiger Regen sich wirklich ganze Flufsgebiet verbreitet. In Rheinländischem Maafse g ses für jede Quadratmeile Flufsgebiet 360 Cubikfufs in der S

Man darf diese Regel gewifs nicht auf alle Fälle a denn wesentliche Abweichungen werden bedingt

1) durch die Verschiedenheit des Niederschlages, der n von den klimatischen Verhältnissen und der Beschaffe Bodens abhängt,
2) durch die Ausdehnung des Flufsgebietes. Je gröfser

ist, um so geringer wird die Wassermenge sein, welche die Quadratmeile Bodenfläche zur Zeit der höchsten Anschwellungen liefert, weil nicht leicht ein gröfserer Landstrich in seiner ganzen Ausdehnung von dem heftigen Regen getroffen wird. Endlich verursachen die längeren und kürzeren Wege, die das Wasser durchlaufen mufs, bevor es das Flufsbette erreicht und in diesen zur Niederung gelangt, auch eine gröfsere Dauer, und sonach eine mindere Höhe der Anschwellung,

3) auf flachem und aufgeschwemmtem Boden ist derjenige Theil des Niederschlages, der in die Erde dringt, oder auf Wiesenflächen und anderen Ebenen, die fast horizontal sind, zurückgehalten wird, verhältnifsmäfsig gröfser und zugleich bewegt sich das Wasser darüber viel langsamer nach dem Flusse, als in einer Gebirgsgegend. Beide Ursachen vereinigen sich wieder dahin, die gleichzeitig abfliefsende Wassermenge zu vermindern.

Es ergiebt sich hieraus, dafs der Werth der gröfsten Wassermenge eines Flusses von den benannten Localverhältnissen abhängig ist, dabei entsteht aber die Frage, ob jene 360 Cubikfufs für die Quadratmeile Flufsgebiet selbst für kleine Gebirgsflüsse das Maximum bezeichnen, oder ob sie den mittleren Werth hoher Anschwellungen ausdrücken. Schon aus den §. 6 gemachten Mittheilungen ergiebt sich, dafs die Wassermengen der höchsten Fluthen zuweilen bedeutend gröfser sind und selbst in unsern Gegenden der Niederschlag in $2\frac{1}{2}$ Tagen jene $2\frac{1}{4}$ Zoll zuweilen übersteigt. Aufserdem darf aber nicht angenommen werden, dafs der dritte Theil davon in den Felsboden eindringt, selbst der aufgeschwemmte Boden nimmt kaum soviel auf, wenn er schon vorher sehr nafs war. Endlich ist auch die Voraussetzung, dafs das Wasser $2\frac{1}{2}$ Tage gebraucht, um in dem Strome abzufliefsen, sehr zweifelhaft, insofern manche Gebirgsflüsse regelmäfsig nur 24 Stunden lang angeschwollen bleiben. Zwei Beispiele werden zeigen, dafs Prony's Annahme in der That zu niedrig ist.

Bei Gelegenheit eines Brückenbaues über die Ruhr bei Mühlheim kam es darauf an, die Wassermenge zu kennen, welche zur Zeit der höchsten Anschwellungen hier durchströmt, und die nähere Untersuchung des in den letzten Decennien beobachteten höchsten Wasserstandes ergab, mit Berücksichtigung der Profilweite und des Ge-

fälles, eine Wassermenge von 56000 Cubikfufs in der Secunde, was bei der Ausdehnung des ganzen obern Flufsgebietes von 85 Quadratmeilen für eine Quadratmeile 660 Cubikfufs macht.

Im Domleschger Thale im Canton Graubünden, wo der Rhein ringsum von Gletschern gespeist wird, hat man bei Gelegenheit der daselbst ausgeführten Correctionsarbeiten auf eine Wassermenge geschlossen, die bis 1100 Cubikmeter oder 35500 Cubikfufs in der Secunde beträgt. Die Ausdehnung des Flufsgebietes mifst aber nur etwa 25 Meilen, daher treffen auf die einzelne Quadratmeile über 1400 Cubikfufs.

Wenn auch der letzte Fall sich auf so eigenthümliche Verhältnisse bezieht, dafs er nicht als Norm angenommen werden kann, und der erste es zweifelhaft läfst, ob die Geschwindigkeit wirklich so grofs war, als man vorausgesetzt hat, da leicht eine Veranlassung zur theilweisen Hemmung des Abflusses eingetreten sein mochte, so darf man doch nicht annehmen, dafs die heftigsten Regengüsse gleichzeitig das Ruhrthal in seiner ganzen Ausdehnung treffen sollten, woher wohl niemals bei Mühlheim verhältnifsmäfsig eine so grofse Wassermenge vorbeifliefst, wie kleinere Bäche und Flüsse in dortiger Gegend zu Zeiten abführen. Hiernach erscheint es angemessen, Prony's Angabe keineswegs als Maximum der Reichhaltigkeit anzusehn. Hiermit stimmt auch ungefähr die Regel überein, wonach man in manchen Theilen des mittleren Deutschlands die Profile von Brücken und Archen bestimmt, wenn keine andern Umstände darüber nähern Aufschlufs geben: man setzt nämlich voraus, dafs nach Maafsgabe der besondern localen Verhältnisse jede Quadratmeile Flufsgebiet zur Zeit der höchsten Anschwellung 300 bis 600 Cubikfufs in der Secunde giebt.

Sobald man annähernd die gröfste Wassermenge kennt, so kommt es darauf an, aus derselben das passende Profil zu ermitteln. Wir aber bei allen Flüssen sich zwei verschiedene Profile bilden nämlich eins für den gewöhnlichen niedrigen Wasserstand oder das eigentliche Flufsbette und eins für die hohen Fluthen, welches sich von einem Thalrande oder von einem Deiche bis zum andern erstreckt, so ist es auch angemessen, dem künstlich gebildeten Flusse in gleicher Weise zwei verschiedene Profile zu geben. Man verstärkt dadurch bei kleinem Wasser die Strömung und verhindert Versandungen, und aufserdem ist die Sohle des weiten Profiles noch als Wiese oder wenigstens als Weidegrund zu benutzen. Durch eine

[illegible]fige Rechnung, die jedoch grofsentheils auf sehr willkührlichen [illegible]setzungen beruht, findet Prony diejenigen Zahlenverhältnisse [illegible] Profiles, welche in Fig. 122 dargestellt sind, nämlich für eine [illegible]isse Maafseinheit

die obere Breite des weiten Profiles . .	45
die untere - - - - . .	39
die obere Breite des engen Profiles . .	15
die untere - - - - . .	9
die Höhe des weiten, sowie des engen Profiles	2

e Böschungen sind dabei mit $1\frac{1}{2}$ facher Anlage angenommen, d der Flächeninhalt des weiten Profiles verhält sich zu dem des gen wie $4\frac{1}{2}$ zu 1.

Geht man von der bisher üblichen Formel aus

$$c = \varkappa \sqrt{\left(\frac{h}{l} \cdot \frac{q}{p}\right)}$$

wo c die mittlere Geschwindigkeit
h das absolute Gefälle
l die Länge des Canales
$\varkappa$ eine gewisse Constante
q den Flächeninhalt und
p den benetzten Umfang des Profiles bedeutet,

d nennt man jene noch zu ermittelnde Einheit x, so findet man

$$q = 108 \,.\, x^2$$
$$p = 47{,}42 \,.\, x$$

ie Wassermenge ist aber

$$M = c \,.\, q$$

ieraus ergiebt sich

$$x^5 = 0{,}00003765 \,.\, \frac{M^2}{\varkappa^2} \,.\, \frac{l}{h}$$

enn man hier wie gewöhnlich die Constante $\varkappa$ gleich 90 setzt, so lgt

$$x^5 = 0{,}00000000465 \,.\, M^2 \,\frac{l}{h}$$

ür den Fall, dafs $M = 1000$ Cubikfufs und $\frac{h}{l} = \frac{1}{1000}$ ist, würde ich ergeben

$$x = 1{,}56$$

lso die obere Breite des weiteren Profiles gleich 70 Fufs, die des ngeren $23\frac{1}{2}$ Fufs und die Tiefe jedes Profiles gleich 3 Fufs $1\frac{1}{2}$ Zoll.

Prony's Rechnungen sind nicht so einfach, indem er eine com-

plicirtere Formel über die Bewegung des Wassers in Fl
zum Grunde legt. Die Resultate, zu denen er gelangt, sind
von den vorstehenden nur wenig verschieden. In dem er
Werke über die Pontinischen Sümpfe wird noch mitgetheilt,
den Entwässerungen in Burgund diese Bestimmung der Wa
gen und Profile zu sehr brauchbaren Resultaten geführt hat
bei hohen Anschwellungen die Profile sich füllen, die Deic
nicht überströmt werden.

Das vorstehend zum Grunde gelegte Gesetz, wonach d
lere Geschwindigkeit der Quadratwurzel aus dem relativen
proportional sein soll, hat sich in neuster Zeit als durchaus
tig erwiesen. Die Beobachtungen, welche sowol an grofsen S
als an kleineren Flüssen, Bächen und Canälen angestellt si
gen jedesmal, dafs man eine höhere Wurzel des Gefälles
mufs. Indem ich die sämmtlichen sehr verschiedenartigen, r
liegenden Beobachtungen zusammenstellte, und daraus ein
lichst einfachen Ausdruck suchte, so stellte sich als der wah
lichste heraus

$$c = 4{,}33 \sqrt{\frac{q}{p}} \sqrt[6]{\frac{h}{l}}$$

wobei alle Gröfsen in Rheinländischen Fufsen ausgedrückt
Im zweiten Theile dieses Werkes, der von den Strömen
soll die Herleitung dieses Ausdrucks und die Sicherheit d
näher erörtert werden, ich bemerke aber vorläufig, dafs d
dratwurzel des relativen Gefälles sich nur rechtfertigen würd
letzteres allein auf die Darstellung der mittleren Geschwindigk
wandt würde, und sonstige innere Bewegungen nicht vorkä
doch niemals fehlen, und die mit zunehmender Geschwindigk
mit wachsendem Gefälle um so gröfser werden. Die einzel
Grunde gelegten Beobachtungsreihen schliefsen sich freilich t
höhere, theils an niedrigere Wurzeln etwas besser an, die Siche
gefundenen Exponenten war jedoch nicht so grofs, um dens
gröfsere und kleinere Wasserläufe verschiedene Werthe zu

Legt man den vorstehenden Ausdruck zum Grunde, so
sich für dasselbe Zahlenbeispiel

---

*) Ueber die Bewegung des Wassers in Strömen, aus den Abha
der Academie der Wissenschaften besonders abgedruckt. Berlin 186

$$x = 1{,}91$$

nach wäre die obere Breite des gröfseren Profiles 86,0 Fufs, kleineren 28,6 und die Tiefe beider gleich 3,8 Fufs.

§. 27.

Abzugsgräben.

emeinhin sind die absoluten Gefälle der Abzugsgräben, welche die Niederungen entwässern, nur sehr geringe, und es t daher darauf an, sie so anzuordnen, dafs sie dennoch mög- wirksam sind. Wenn der Ausdruck

$$c = k\sqrt{\frac{q}{p}}\sqrt[6]{\frac{h}{l}}$$

er zum Grunde gelegt wird, worin k den constanten Factor ichnet, und man die mittlere Geschwindigkeit c, die Wassermenge nd den Inhalt des Profiles q nennt, auch die mittlere Tiefe

$$t = \frac{q}{b}$$

ihrt, indem b die Breite des Wasserspiegels bedeutet, wofür man ihernd auch den benetzten Umfang p setzen kann, so erhält man absolute Gefälle

$$h = \frac{1}{k^6} \cdot \frac{M^6 l}{b^6 t^9}$$

i Werth dieses Ausdrucks kann man verkleinern,

) indem man M oder die Wassermenge vermindert. Hiervon ist im Vorigen bereits die Rede gewesen,

) indem l oder die Länge des Canales verringert wird. Auch hierüber ist Einiges schon angedeutet worden, und es mag nur noch darauf aufmerksam gemacht werden, dafs nach Ausweis der vorstehenden Formel das absolute Gefälle in demselben Maafse vermindert wird, wie sich die Länge des Canales verkürzt,

3) durch Vergröfserung der Breite des Canales und

4) durch Vergröfserung der Tiefe desselben.

Die beiden letzten Mittel sind in Bezug ihrer Wirksamkeit auch res sonstigen Einflusses einander nicht gleich, denn wenn man die

Breite des Canales verdoppelt, so ist für dieselbe Wassermeng absolute Gefälle noch achtmal gröfser, als wenn man die verdoppelt hätte. Aufserdem wird durch die Vergröfserun Breite eine entsprechende Fläche Landes der Cultur entzoge bei der Vermehrung der mittleren Tiefe nicht geschieht. letztere erreicht man auch noch den Vortheil, dafs der Pflanzen minder stark zu sein pflegt, als in einem flachen Graben. E sich indessen die mittlere Tiefe des Grabens nicht willkührlic gröfsern, auch darf man die vorstehende Formel nicht me wenden, sobald die Tiefe einen namhaften Theil der Brei macht, also die Breite nicht mehr dem benetzten Umfange gesetzt werden kann. Besonders ist hierbei zu berücksichtige die Seitenwände des Canales sich nicht steil erheben, vielmel der Beschaffenheit des Bodens mehr oder minder flach abg werden müssen. Nur in festem Thonboden pflegt die 1½ fac lage oder 1½füfsige Böschung zu genügen, während man gew die 2 oder 3fache und oft eine noch flachere Anlage wähle Wenn also die Breite der Canal-Sohle auch nur der sec gen gröfsten Tiefe gleich ist, so kann die mittlere Tiefe sten Falles nur dem 11ten Theil der Breite des Canales im spiegel gleich sein. Nimmt man zwischen diesen beiden (oder zwischen t und b ein bestimmtes Verhältnifs an, so man nur eine dieser Dimensionen als Unbekannte einzuführ

Wenn kein fremdes Wasser in den Sumpf tritt, also di führende Wassermenge allein von dem darin niedergefallenen und Schnee herrührt, so läfst sich dieselbe nach den §. 3 ge Mittheilungen annähernd berechnen. Bei Anordnung der gräben mufs man jedoch darauf Rücksicht nehmen, dafs die schon im April vollständig trocken gelegt, und sonach bis z Zeit die ganze Wassermenge abgeführt sein mufs, die hier a melt war, und wegen des Frostes oder des höheren Wasse im Flusse während des Winters und des ersten Frühjahrs ni fernt werden konnte. Die Gräben erhalten daher wenigste solche Profilweite, dafs sie während eines Monats den vierte des jährlichen Niederschlages abzuführen im Stande sind. die Höhe des letzteren 24 Zoll, so würden von der Quad 288 Millionen Cubikfufs in einem Monate, oder in der Secu Cubikfufs durch den Hauptgraben abfliefsen müssen.

Von wesentlichem Einfluſs ist ferner die Lage des Hauptwässerungsgrabens. Derselbe muſs wo möglich ungefähr der Mitte den Sumpf durchschneiden, damit den Nebencanälen hinreichendes relatives Gefälle gegeben werden kann, welches rch Verlängerung derselben sich vermindern würde. Aus dem lichen Grunde darf auch der Hauptcanal keine überflüssige Länge ben, und muſs also möglichst gerade gezogen werden. Von beiderem Einflusse ist hierbei aber die Höhenlage des Terrains. fern nämlich der Graben die ganze versumpfte Gegend entwäsn soll, so muſs er niedriger liegen, als jeder Theil derselben, er ergiebt sich seine Richtung, wenn man die gröſste Vertiefung der Länge des Sumpfes verfolgt, oder wenn man die tiefsten kte der Querprofile mit einander verbindet. Nach der ersten dingung darf man nicht alle scharfen Krümmungen verfolgen, die Canal leicht auf eine nachtheilige Art verlängern könnten, wogen die Einführung sanfter Biegungen nicht nachtheilig ist und für Erdarbeiten oft eine groſse Erleichterung gewährt. Prony führt der Bestimmung dieser Linie eine andere Betrachtung ein, die demselben Resultate führt. Er sagt nämlich, man solle diejenige chtung wählen, in der die stärkste Strömung sich bildet, wenn Terrain mit Wasser bedeckt ist und die Auswässerung eintritt.

Die vorstehende Regel findet indessen keine Anwendung, wenn an einzelne besonders tief liegende Flächen trocken legen will. iese würden vom Hauptgraben getroffen werden, und sonach alles asser der Niederung aufnehmen. Für sie ist aber der Zufluſs aus n höheren Theilen der Niederung schon als fremdes Wasser ansehn, und der Zutritt desselben erschwert ihre Entwässerung. Man uſs sie also durch Deiche umschlieſsen und ihnen besondere Abgsgräben geben, gewöhnlich fehlt es aber an dem nöthigen Gefälle, um sie trocken zu legen, und es bleibt alsdann nur übrig, chöpfmaschinen zu diesem Zwecke anzuwenden. In der Provinz olland ist dieses wiederholentlich geschehn.

Die Seitengräben, oder die Canäle zweiter Ordnung folgen em natürlichen Abhange, den die Niederung von dem Rande aus ach der tiefsten Einsenkung hat, woselbst der Hauptentwässerungsraben angelegt ist. Gemeinhin erlaubt die Beschaffenheit des Terains, ihnen ein stärkeres Gefälle zu geben, als der letztere erhalten arf. Man legt sie aber nicht in diejenige Richtung, in welcher die

Wiesenfläche geneigt ist, und dieses theils deshalb, weil sie alsdann weniger Wasser aufnehmen würden, insofern sie den natürlichen Lauf desselben nicht kreuzen, theils aber auch, weil sie durch eine mehr schräge Richtung die Länge des Weges, den das Wasser verfolgen muſs, etwas verkürzen und dadurch ein stärkeres relatives Gefälle erhalten. Für den Fall, daſs die Wiesenfläche normal gegen den Hauptcanal geneigt ist, kann man leicht diejenige Richtung des Seitencanals finden, die dem stärksten Gefälle entspricht. Die Neigung der Thalfläche gegen den Hauptcanal sei $1 : n$ und das Gefälle des letzteren $1 : m$. Alsdann ist das relative Gefälle des Seitencanales, der in der Horizontal-Projection unter dem Winkel α in den Hauptcanal tritt

$$= \frac{1}{n} Sin\ \alpha + \frac{1}{m} Cos\ \alpha$$

Dieser Ausdruck wird ein Maximum, wenn

$$tang\ \alpha = \frac{m}{n}$$

Die Entfernung dieser Seitengräben von einander richtet sich nach dem Nutzen, den das ganze Unternehmen verspricht, und sonach nach den Kosten, die man darauf verwenden kann. Im Allgemeinen legt man die Gräben um so weiter auseinander, je länger sie sind und je gröfser ihr Profil ist. In den Niederungen an der Rhone sind sie 150 bis 300 Ruthen entfernt, in den Maremmen bei Castiglione in Toscana, sowie auch in den Pontinischen Sümpfen, mifst ihr Abstand ungefähr 400 Ruthen, und wo sie in den eingedeichten Marschen des nördlichen Deutschlands und in Holland einigermaafsen regelmäfsig vorkommen, liegen sie durchschnittlich in Entfernungen von etwa 300 Ruthen.

Bei gröfseren Entsumpfungen genügen die Entwässerungscanäle der ersten und zweiten Ordnung noch nicht, und man muſs deren noch andere ausführen, welche in die Seitencanäle münden, also mit den Hauptcanälen parallel laufen. Ueber diese ist hier nichts zu bemerken, da sie lediglich nach ökonomischen Rücksichten angeordnet werden und ihre Ausführung in der Regel auch nicht in den Hauptplan aufgenommen wird, sondern dem Besitzer jedes Grundstücks überlassen bleibt.

Es ist noch zu erwähnen, daſs der Wasserspiegel in den Gräben 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuſs unter dem Terrain gehalten werden muſs, wenn

geregelte Grasnutzung stattfindeu soll, 2½ Fufs, wenn man Feldte bauen will, während die Cultur von Obstbäumen eine Sen; des Wasserspiegels von wenigstens 4 Fufs erfordert.

Die Ausführung der Entwässerungsgräben ist wegen der sumn Beschaffenheit des Bodens gemeinhin sehr schwierig, und nicht t kann man sie in ihrer vollen Tiefe gleich Anfangs darstellen, bei Schiffahrtscanälen geschieht. Man beginnt die Arbeit, in- man in der Richtung des Hauptcanales und zwar der Richtung Stromes entgegen diejenigen Erhebungen des Terrains durcht, welche vorzugsweise den Abfluſs des Wassers hemmen, man irkt dadurch sogleich einige Senkung des Wasserspiegels und n alsdann die Gräben leichter vertiefen, doch vergehn oft Jahre, or man das Wasser soweit gesenkt hat, dafs die volle Tiefe den ben gegeben werden kann. Zuweilen befördert auch die Strömung, sich in dem Hauptcanale darstellt, dessen Verbreitung und Verng. So ist der Canal zwischen dem Wallenstädter und Züricher nur in einzelnen kurzen Strecken ausgegraben worden, weil der sserzudrang so stark war, dafs man die Hoffnung aufgeben mufste, e längere Zeit hindurch eine Baugrube wasserfrei zu halten. Man nühte sich nur, durch Anstellung so vieler Arbeiter, wie darin nd Platz fanden möglichst schnell die Tiefe darzustellen. So leten sich einzelne Gruben, die nicht nur durch Erddämme, sonn oft auch durch versunkene Baumstämme und Steine von einer getrennt waren. Die Strömung war indessen stark genug, um ese Gegenstände zu beseitigen. Zu diesem Zwecke wendete man r auch das Bohrruder an, welches Fig. 123 zeigt. Es ist unten t Eisen beschlagen und mit einem stählernen Dorn versehn. Inn man es um den letzteren dreht, so dringt es tief in den Boden t und lockert denselben so sehr, dafs er um so leichter vom Strome tgeführt wird, und dadurch Baumstämme und Steine freigelegt rden.

In andern Niederungen, wo der Boden weicher ist, ist es nicht so l der starke Wasserzudrang, welcher die Arbeit erschwert, als vielehr die geringe Consistenz der Oberfläche. In England stellt man die rbeiter aus diesem Grunde auf einen aus Brettern gebildeten Rahmen id giebt ihnen lange Spaten, damit sie von diesem Standpunkte aus cht tief graben können. Hierbei ereignet es sich häufig noch, dafs r stark durchnäfste Boden selbst in flachen Dossirungen nicht steht

und sonach die Wände des Canales einstürzen. Es bleibt alsdann nichts übrig, als entweder den Zeitpunkt abzuwarten, bis nach und nach durch die Senkung des Wasserpiegels das Erdreich so weit ausgetrocknet ist, dafs man regelmäfsige und tiefe Gräben darstellen kann, oder man läfst die Baustellen voll Wasser laufen und bewirkt ihre Vertiefung nicht mehr durch Grabenarbeit, sondern durch Baggerung. Wählt man das letzte Mittel, so bleiben die Dossirungen dem Gegendrucke des Wassers ausgesetzt und leiden weniger.

Die ausgegrabene oder ausgebaggerte Erde wirft man gewöhnlich unmittelbar zur Seite des Grabens aus, und da es wichtig ist, feste Ufer zu schaffen, damit man den Graben mit Leichtigkeit untersuchen und die etwa nöthigen Aufräumungen darin vornehmen kann, so rechtfertigt sich auch in dieser Beziehung eine solche Anordnung. Andrerseits aber wird durch die Beschwerung des äufsern Uferrandes die Dossirung um so leichter herausgedrängt, und der Einsturz der Erde veranlafst. Man mufs in solchem Falle die ausgebrachte Erde gleichmäfsig weit verbreiten, damit sie an keiner Stelle einen starken Druck verursacht. Doch auch in andern Fällen mufs man sich hüten, förmliche Deiche darzustellen, wodurch ein Abfliefsen des Wassers aus dem Sumpfe nach dem Graben verhindert würde, oder wenn sich dieses wegen der nöthigen Höhenlage der Wege nicht vermeiden läfst, so mufs man Durchlässe anbringen. Die letzte Regel findet nur so lange Anwendung, als der Graben noch innerhalb des zu entwässernden Terrains sich befindet, sobald er dieses verlassen hat, müssen alle Seitenzuflüsse gesperrt werden.

Bei Ausführung der Abzugsgräben werden die Arbeiter wegen des dauernden Aufenthalts auf dem nassen Boden und wegen des Einathmens der Sumpfluft häufig von Krankheiten und namentlich von Fiebern befallen. Durch gehörige Einleitung der Arbeit und Sorge für die Mannschaft läfst sich indessen dieses grofsentheils vermeiden. Die Vorsichtsmaafsregeln, die Sommariva bei Trockenlegung des Sumpfes von Coquenard anwendete und die er für ähnliche Fälle empfiehlt, sind folgende: 1) man soll die Arbeit in trockner Jahreszeit unternehmen, 2) in das stehende Wasser sobald wie möglich einige Bewegung bringen, 3) dieselben Arbeiter nicht mehrere Tage hindurch graben, was immer das gefährlichste ist, sondern sie ab wechselnd auch karren lassen, und 4) dafür sorgen, dafs sie an sumpfigen Stellen nie ausruhen, sondern während der Ruhezeit im

[illegible] höhere Punkte gehn, auch dort ihre Mahlzeiten einnehmen, [illegible] aber während der Nacht sich ganz aus dem Bereiche des [illegible] entfernen müssen. Wenn hierdurch auch die eigentliche [illegible]eit um einige Stunden gekürzt wird, so ist diese Vorsicht [illegible]ur durch die Humanität geboten, sondern auch in ökonomi[illegible] Beziehung gerechtfertigt, da eines Theils die Leistungen von [illegible]en Arbeitern sehr geringe ausfallen und man andern Theils Leute, wenn sie sich durch die angewiesenen Verrichtungen [illegible]heiten zugezogen haben, nicht ohne Unterstützung fortschicken [illegible] Es ist aber nothwendig, dafs diese Sorge von dem aufsichts[illegible]den Baumeister ausgeht, da die Arbeiter selbst entweder aus [illegible]ntnifs der Gefahr, oder aus Ueberschätzung ihrer Kräfte durch [illegible]e Warnungen nicht vermocht werden, eine Vorsichtsmaafsregel [illegible]wenden, die mit einer Schmälerung ihres Verdienstes oder mit [illegible]n Gängen oder andern Unbequemlichkeiten verbunden ist.

§. 28.

Colmationen.

Zuweilen liegt der Sumpf, der entwässert werden soll, so nie[illegible], dafs die Senkung des Wasserspiegels bis unter seine Oberfläche [illegible]t möglich ist. In diesem Falle finden Colmationen oder [illegible]stliche Erhöhungen des Bodens Anwendung.

Die einfachste, doch zugleich auch die kostbarste Art der Colma[illegible] besteht darin, dafs man den Sand oder die sonstige Bodenart, die [illegible] zur Erhöhung des Sumpfes benutzen will, unmittelbar auf denselb[illegible] aufkarrt. An der untern Lippe sind viele niedrige Wiesen hier[illegible]ch erhöht worden, und die Arbeit erleichterte sich daselbst einiger[illegible]ben dadurch, dafs unmittelbar daneben die höheren sandigen Ufer [illegible]en. Gewöhnlich wird aber das Wasser zur Herbeiführung des [illegible]des und des sonstigen Materials benutzt, und zwar entweder, in[illegible] man die Bäche gegen hohe Ufer führt, um dieselben anzugreifen [illegible] den Sand mit sich zu reifsen, oder man überläfst den Bächen [illegible] Flüssen die Zuführung des Materials und bemüht sich nur, die[illegible] möglichst vollständig an denjenigen Stellen abzulagern, die man [illegible]öhen will. Der erste Fall tritt bei der Darstellung der soge-

nannten Schwemmwiesen oder beim Wiesenflößen ein, und von wird passender bei Gelegenheit der Wiesenwässerung Rede sein, der letzte Fall ist aber der wichtigste und derselbe vorzugsweise unter der Benennung Colmation verstanden.

Die Quantität der erdigen Stoffe, welche ein Fluß mit sich hängt theils von der Beschaffenheit des Terrains und theils v Strömung ab. Es sind sonach nicht alle Flüsse zur Colmation brauchbar. Vorzüglich sind Gebirgsflüsse, die nicht auf nackt sen ihre Quellen sammeln, hierzu geeignet, jedoch auch diese dauernd, sondern nur während der Zeit der stärksten Anschw gen, denn bei trockner Witterung pflegen sie zu versiegen od lenweise so schwach zu fließen, daß sie schon in ihren Betten Material fallen lassen.

Hiernach beschränkt sich die Zeit der Colmationen imm auf wenige Tage. Die Anlagen, die hierbei in Anwendung kom beziehn sich zunächst darauf, daß man den Fluß an diejenige leitet, wo die Aufhöhung eintreten soll. Zu diesem Zwecke m regelmäßige Betten mit möglichst gleichmäßigem und nicht z ringem Gefälle eingerichtet werden, damit der Fluß darin eine Geschwindigkeit behält. Es darf aber das Flußwasser, welche Colmation benutzt wird, nicht über ein Wehr oder auch nur eine erhöhte Schwelle fließen, weil die gröbern Stoffe davor bleiben würden, vielmehr muß die geneigte Sohle sich ohne U brechung bis in die zu erhöhende Fläche fortsetzen.

Sodann muß das trübe Wasser, wenn es diese Stelle er hat, möglichst in Ruhe kommen. Zuweilen werden zu diesem Zw nur einzelne Hindernisse der Bewegung entgegengestellt, wie Str zäune u. dergl., wodurch die Geschwindigkeit nicht ganz ver sondern nur vermindert wird. Der Erfolg beschränkt sich al aber nur darauf, daß man das gröbere unfruchtbare Geschiebe fängt, während die feinen im Wasser schwebenden Theilchen, w in der Regel der Vegetation besonders förderlich sind, fortge werden. Doch auch in quantitativer Beziehung ist dieser V keineswegs unbedeutend, und sonach ist die andre Methode, v das Wasser große mit Deichen umgebene Bassins füllt und ständig geklärt daraus wieder abfließt, viel wirksamer und zu in den spätern Erfolgen viel günstiger. Wird aus diesen Ba nach einiger Zeit das Wasser abgelassen, oder fließt es schon

des Zuflusses aus, so muſs dieses immer auf eine Art geschehn, derjenigen entgegengesetzt ist, durch welche es aus dem Fluſs- hineingeleitet wurde. Beim Austritt aus der Colmation muſs sich der Abfluſs möglichst nahe an dem Wasserspiegel erfolgen, die Stoffe, die sich bereits zu Boden gesetzt haben, nicht wieder Bewegung zu bringen. Man läſst also das Wasser über Wehre fließen, und selbst wenn Grundablässe angebracht werden, die zur vollständigen Trockenlegung nicht entbehren kann, so dür- diese nicht durch Schütze geschlossen sein, welche beim Oeffnen starke Strömung unmittelbar über den Boden veranlassen wür- sondern man bedient sich der Versatzbohlen, von denen nach Maaſsgabe der Senkung des Wasserspiegels eine nach der ern und zwar jedesmal die oberste abhebt, bis endlich das klare asser von der ganzen Fläche abgeflossen ist.

Auf solche Art werden einzelne Theile der Niederung erhöht, geht aber mit diesen Anlagen von oben nach unten oder strom- ärts fort, und wo die Erhöhung bereits erfolgt ist, giebt man dem ase, der hier in höhere Ufer eingeschlossen werden kann, einen ben Lauf, daſs er alles Geschiebe wieder den weiter abwärts egenen Flächen zuführt. Ist endlich die ganze Niederung zur absichtigten Höhe angewachsen und sind keine Vertiefungen darin ückgeblieben, so darf das Material, welches der Fluſs auch ferner sich führt, nicht zur Verwilderung seines Bettes in der nächsten recke Veranlassung geben, weil sonst der Wasserspiegel in der reits gewonnenen Fläche sich wieder heben würde.

Colmationen sind bisher vorzugsweise in Italien zur Ausführung kommen, beispielsweise in dem Chiana-Thale, dasselbe er- reckt sich zwischen den Städten Arezzo und Orvieto beinahe in er Richtung von Norden nach Süden, und bildet eine natürliche rbindung der Fluſsgebiete des Arno und der Tiber. Die gröſste he erreicht dieses Thal gegenwärtig auf der Südseite des Sees Chiusi, es ist indessen dieser Scheitelpunkt künstlich dargestellt d dieses zeigt nicht nur das Längenprofil Fig. 125, sondern der me des nahe gelegenen Städtchens Chiusi deutet auch darauf hin d verschiedene historische Ueberlieferungen stellen die Thatsache ser Zweifel. Die Wasserscheide zwischen dem Arno und der Tiber g in früherer Zeit mehr nordwärts. Die italienischen Schriftsteller rsetzen dieselbe in die Nähe von Fojano und sogar bis Porto di

Pilli bei Arezzo. Der Beweis dafür wird aus einer alten Charte entnommen die Julius von Medici (später Clemens VII.) im Jahre aufnehmen liefs und worin mitten durch den See von Monte ciano ein Weg angedeutet ist, der nach der beigeschriebenen B kung früher von Arezzo nach Chiusi führte. *) Nach einzelnen deutungen älterer Schriftsteller hat man sogar der Ansicht Ra geben, dafs der Arno sich in früherer Zeit bei Arezzo in zwei theilte, von denen der eine bei Florenz vorbei seinen jetzigen verfolgte, während der andere durch das Chiana-Thal von R nach Süden der Tiber zuströmte und auf solche Art eine schi Verbindung zwischen Florenz und Rom bildete. **) Man mufs lig Anstand nehmen, diese Vermuthung als Thatsache gelten zu sen, auch Prony erklärt sich dagegen, doch ist von einem Eingr den natürlichen Lauf des Flusses schon sehr frühe die Rede ge Tacitus ***) erzählt, dafs man im Senate den Antrag machte, den nis (Chiana) von der Tiber abzuschliefsen und dem Arno zuzuwe um die Anschwellungen der Tiber zu mäfsigen, dafs aber den B der Florentiner Gehör gegeben wurde und damals Alles beim A blieb. Nichts desto weniger ist dieser Abschluss in späterer Zeit w lich zur Ausführung gekommen, wiewohl es unbekannt ist, wann di geschah, und so bildete sich bei Chiusi der Scheitelpunkt, von wo die Chiana nunmehr auf 6 Meilen Länge nordwärts ihrem natü chen Gefälle entgegenfliefst. Wie man sich indessen auf der Süds gegen das Wasser zu schützen suchte, so geschah dieses auch i der Nordseite. Neben dem Mönchskloster am Ausgange des Chia Thales bei Arezzo erbaute man nämlich ein 38 Fufs hohes We wodurch das Thal in solchen Zustand versetzt wurde, dafs Da und Boccaz es erwähnen, wenn sie eine ungesunde und verpes Gegend bezeichnen wollen. Unter der Regierung der Medici wu die Aufmerksamkeit auf diesen unglücklichen Landstrich ernst gerichtet. Die bereits erwähnte Charte, worin auch die Höhen

*) *Charte idrauliche dello stato antico e moderno della valle di Chi di Manetti. Firenze* 1823. Die kurze Beschreibung, die den schönen C ten beigefügt ist, ist überaus lehrreich und in technischer Beziehung sehr teressant. Fig. 124 ist eine Copie dieser Charte in kleinerem Maafsstab

**) *Extrait des recherches sur le système hydraulique de l'Italie par Prony. Annales des ponts et chaussées* 1834. *II. p.* 384.

***) *Annalium liber I.*

er Punkte angegeben ist, sollte zur Entwerfung des Meliora-
planes dienen. Nach dieser Charte fand sich zwischen Fojano
gen das Mönchskloster, Arezzo gegenüber, die Scheitelstrecke
hier war stehendes Wasser, so dafs man kaum eine Bewegung
der einen oder der andern Seite wahrnehmen konnte. Torri-
i bezeichnete schon die Colmationen als das einzige Auskunfts-
tel, das hier zu wählen sei. Er meinte, der Boden läge in der
ten Ausdehnung gar zu horizontal, als dafs man durch Abzugs-
ben allein ihn trocken legen könnte, doch setzte er hinzu, dafs
e Nebenflüsse Goldsand dem Thale zuführen," wodurch er den
gen andeuten wollte, den die gehörige Auffangung und Ablagerung
selben in der versumpften Gegend verbreiten würde. Das Unter-
hmen wurde indessen damals bald aufgegeben und erst gegen das
de des vergangenen Jahrhunderts entwarf Fossombroni den Plan
r Melioration *). Die frühern Verhältnisse hatten sich indessen
entlich geändert. Die Thalsohle war seit 1551 stellenweise um
Fufs erhöht. Die Bedingung, die Fossombroni sich stellte, war,
nen regelmäfsigen Abflufs in nördlicher Richtung zu bilden und
rch Colmationen den Boden so weit zu erhöhen, dafs die Chiana
er vielmehr der neue Canal das ganze Thal entwässern könnte.
ieser Canal sollte aber hinreichendes Gefälle erhalten, um in spä-
rer Zeit, wenn das Material zu solchem Zwecke nicht mehr ge-
acht würde, dasselbe weiter stromabwärts bis unter das Wehr
n Mönchskloster zu führen, und dadurch dem Entstehn neuer Ver-
mpfungen im Thale vorzubeugen. Unter diesem Gesichtspunkte
rde die Arbeit auf Kosten der Regierung begonnen. Die Situa-
ns-Charte Fig. 124 und das Profil Fig. 125 auf Taf. X. zeigen
n Zustand im Jahre 1823, wo zwar noch eine Menge Colmationen
i Betriebe, aber doch schon die meisten Flächen cultivirt und be-
nt waren. Der Grund und Boden, der, wie es scheint, gar kei-
n Besitzer hatte, wurde Domaine, und eine Menge Ansiedlungen
folgte in diesen Gegenden, die früher unbewohnbar gewesen waren.
ie Versumpfungen erstrecken sich indessen noch weiter südwärts,
s die Charte angiebt, und so waren mit Einschlufs desjenigen Thei-

*) *Memorie idraulico storiche sopra la Val di Chiana*, in der *Raccolta*
789 mitgetheilt und 1823 zu Bologna besonders gedruckt.

les, der zum Kirchenstaate gehört, etwa 8 Quadratmeilen cultu
Boden zu gewinnen.

Die Colmationen, deren passendste Einrichtung sich erst
die Erfahrungen herausstellte, die man hier machte, wurden
dermaafsen angeordnet. Man umschloſs die zu erhöhenden F
einzeln mit Erddeichen, und zwar gab man den letzteren wo
lich sogleich die ganze Höhe, die sie zur beabsichtigten Erh
des Terrains brauchten, das heifst, man machte sie etwa 2½
höher als der Boden werden sollte. In den Fällen aber, wo
Boden noch sehr niedrig war, gab man ihnen eine geringere H
und erhöhte sie später. Sie erhielten eine Kronenbreite von 4½
und auf jeder Seite Dossirungen, die unter 45 Graden geneigt w
Die Gröſse der Bassins bestimmte man nach der Breite der F
welche sie füllen sollten. Wenn diese Breite und zwar zur
der Anschwellung die Einheit ist, so halten die Bassins 100
300 Mal das Quadrat dieses Maafses, nämlich für

den	Esse,	dessen	Breite	25½	Ruthen	mifst,	das	150fache
-	Foenna	-	-	31	-	-	300	-
-	Salarco	-	-	18½	-	-	200	-
-	Salcheto	-	-	15	-	-	80	-
-	Parce	-	-	18	-	-	100	-

Häufig legt man mehrere dieser Bassins hinter einander, und
bei starkem Zuflusse das Wasser aus dem einen in das an
Bassin treten, um die feineren Stoffe, die es in jenem
nicht abgesetzt hatte, in diesem vollends niederzuschlagen. W
die Bassins aber dem herrschenden Winde sehr ausgesetzt sind
muſs man sie schon durch ähnliche Erddeiche in mehrere kle
zertheilen, damit nicht etwa der Wellenschlag eine zu starke
wegung hervorbringt.

Der Fluſs wird in einem eingedeichten Canale, der beim E
zen von Abzugsgräben immer über den letztern bleibt, in das
sin geleitet. Er füllt dieses zur Zeit der Anschwellung bald
und das Wasser würde über die Deiche strömen und dieselben
stören, wenn man nicht für einen bestimmten Abfluſs gesorgt h
Ein solcher heifst Regulator und wird durch eine Vertiefun
Deiche dargestellt. Damit indessen das überstürzende Wasser
Deich nicht angreift, so erhält derselbe dreifache Anlage und
deckt diese mit Faschinen aus, welche durch niedrige Flechtz

estigt werden. Fig. 126 *a* und *b* zeigt diese Anordnung isse und im Querschnitte. Die Krone des Regulators 2 Fufs unter der des Deiches, und wenn der Deich be- olle Höhe hat, 6 Zoll über derjenigen Höhe, die das Ter- en soll. Die Länge des Regulators ist im Allgemeinen nger als die Breite des Flusses, nämlich

für den	Esse . . .	18½	Ruthen
- -	Foenna . .	31	-
- -	Salarco . .	18½	-
- -	Salcheto . .	12½	-
- -	Parce . . .	15½	-

ehrere Bassins hinter einander, so führt der Regulator das us dem ersten in das zweite, und in diesem Falle pflegt auch wohl zu theilen, damit eine leichtere und gleichmäfsi- ung erfolgt, wenn er aber den Ausfluss aus dem letzten ildet, so kann man eine solche Theilung nicht vornehmen, i verschiedene Abzugsgräben darzustellen und zu unterhal- die Kosten zu sehr vermehren würde.

ld das Hochwasser vorüber ist und das eingeschlossene während der nächsten 48 Stunden alle Stoffe, die es enthielt, ig fallen gelassen hat, so mufs dasselbe wieder entfernt wer- diesem Zwecke dienen kleine Archen von 2 Fufs Weite, lurch Versatzbohlen geschlossen sind, die man eine nach rn mittelst Winden aushebt. An jedem einzelnen Bassin sich an einer passenden Stelle diese Vorrichtung und zwar ine solche immer seitwärts und nie in ein folgendes Bassin. en aber nur leicht aus Holz erbaut, und sobald die Colma- einer Stelle beendigt ist, an andern Bassins benutzt.

etti theilt das Gefälle, die Dauer der Anschwellungen und alt an erdigen Stoffen für die erwähnten fünf Flüsse mit. alt an Erde ist dabei in Procenten ausgedrückt. Ueber die enge und die Anzahl der jährlichen Anschwellungen fehlen aben.

	Gefälle	Dauer der Anschwellung	Gehalt an Kali
Esse	1:2010	3 Tage	3 Procent
Foenna	1:1707	3 „	5 „
Salarco	1: 596	1 „	9 „
Salcheto	1: 604	1 „	5 „
Parce	1: 494	2 „	3 „

§. 29.
Sickergräben.

Bei thonigem Boden bietet die Beseitigung des Wassers hä insofern Schwierigkeiten, als dasselbe, wenn es eingedrungen ist, m langsam sich ausscheidet. Offene Abzugsgräben sind dabei v wenig Nutzen (§. 7), weil ihre Wirksamkeit sich allein auf die näc sten Umgebungen beschränkt. Sie müfsten, wenn sie von Erf sein sollten, sehr nahe liegen, wodurch ein grofser Theil der zu e wässernden Fläche der Cultur entzogen würde. Das Mittel, welch man unter diesen Umständen wählt, ist die Anlage von Sicke gräben (*Drains*), d. h. man bildet in solcher Tiefe, dafs die B nutzung der Fläche dadurch nicht gestört wird, ein Netz von klein Canälen, welche die feinen Wasseradern aufnehmen und abführen. I England sind Drainirungen schon seit Jahrhunderten vielfach au geführt, in neuerer Zeit haben sie auch bei uns allgemeinen Ei gang gefunden.

Die vortheilhafte Wirkung der Drains beschränkt sich aber k neswegs darauf, dafs sie aus einem erweichten strengen Thonbod das Wasser abziehn, ihr wesentlicher Nutzen besteht vielmehr in d regelmäfsigen Durchführung des Wassers von der Oberfläche na der Tiefe. Wie in einem Blumentopfe, der am Boden mit kein Oeffnung versehn ist und durch den das Wasser auch nicht durc schwitzen kann, die Pflanzen nicht gedeihen, so ist derselbe Mang auch bei Aeckern oft höchst nachtheilig. Diesem wird aber dur die Drainirung abgeholfen. Ohne sie verwandelt sich die Oberflä leicht in eine für das Wasser undurchdringliche Schicht, der Reg

bt also darauf stehn, bis er seitwärts abfliefst oder verdunstet, d er dringt sonach nicht bis zu den Wurzeln des Getreides herab. i diesem Falle beseitigen die Sickergräben keineswegs die Feuchgkeit, sondern sie führen sie den Pflanzen zu, und dabei tritt noch r günstige Umstand ein, dafs im Frühjahre der Regen auch den oden in einiger Tiefe erwärmt und dadurch den Wachsthum wentlich befördert.

Diese grofsen Vortheile wurden nach vielfachen ältern Erfahngen zuerst in England anerkannt. Im Jahre 1847 bewilligte das rlament über 50 Millionen Thaler an Grundbesitzer, welche zur nlage von Drainirungen sich entschlossen. In dieser Zeit wurde e Art der Ausführung auch wesentlich verbessert.

Als man die Sickergräben noch sehr unvollkommen darstellte, rsagten sie leicht ihren Dienst, und man mufste daher häufige eparaturen in Aussicht nehmen. Aus diesem Grunde vermied man , sie in grofse Tiefe zu legen. Eine Folge hiervon war, dafs ihre irkung sich auf die nächsten Umgebungen beschränkte, und man r daher gezwungen, ihre gegenseitige Entfernung auf 2 bis 3 Ruen, zuweilen sogar nur von 18 Fufs zu beschränken. Aufserdem rfte man ihnen auch kein starkes Gefälle geben, weil eine heftige römung sie leicht zerstört haben würde. Wenn daher der Boden ne merkliche Neigung hatte, so zog man sie nicht in der Richtung, welcher derselbe abfiel, sondern schräge dagegen, wobei man noch n Vortheil zu erreichen glaubte, dafs sie um so sicherer alle Wasradern treffen und aufnehmen würden. Endlich bot auch die Sierung ihrer Mündungen manche Schwierigkeiten, indem sie einzeln i niedrigeren Wiesengrunde am Fufse des Ackers austraten. Der sonders üppige Graswuchs, den sie hier veranlafsten, war Ursache, fs das Vieh sich vorzugsweise daselbst aufhielt und die Gräben rstörte, auch trieben die Sträucher und Bäume in der Nähe ihre urzeln hinein und verstopften sie. Man sah sich daher meist gerungen, sie unter hohen Steinschüttungen austreten zu lassen.

Um einer stellenweisen Sperrung der Sickergräben zu begegnen, e bei der geringen Stärke der Erddecke darüber (die meist nur Fufs maafs) leicht möglich war, stellte man sie nicht sowol s freie Canäle dar, sondern bildete aus Steinen, Strauch und selbst s Stroh poröse Stränge, durch welche das Wasser sich hindurchehn mufste.

Gegenwärtig ist man hiervon zurückgekommen, und zieht gemein die freien Canäle und zwar in gröfserer Tiefe vor, w vor Beschädigungen gesichert sind. Die Art ihrer Darstellu sehr verschieden. Zuweilen wird dabei gar kein fremdes Ma benutzt. Ein Stück Holz von 10 bis 12 Fufs Länge wird regel etwas konisch geformt, so dafs es an dem hintern Ende 5 Zoll, an dem vordern 6 Zoll im Durchmesser hält. In das stärkere wird ein Haken eingeschlagen und daran eine Leine befestigt, mit man es weiter ziehn kann. Man legt es auf die Sohle des bens und bestreut es zunächst mit Sand, damit der feste Boden zu stark daran haftet, alsdann bringt man eine dünne Lage s Thon auf, der den Sand festhält und zugleich die innere Fläch künstlichen Erdgewölbes bildet. Man tritt diese Lage gehör und dasselbe geschieht mit allen einzelnen Schichten der folg Aufschüttung, so dafs man also unmittelbar diejenige feste darstellt, die sich sonst nur später bilden würde. Endlich zieh das Holz etwa 2 Fufs weit vor und setzt die Arbeit auf gleich weiter fort, indem man die Ueberschüttung über der ganzen des Holzkernes allmälig ansteigen läfst.

Sehr einfach ist auch das Verfahren, welches man in Lanc anwendet, wobei nämlich der Graben einige Zolle über seiner mit schmalen Banketen versehn wird, auf welche man Torf von 9 Zoll Höhe legt, welche sonach die Decke des Canales Statt des Torfes wendet man in gleicher Weise auch flache an, wie Fig. 127 zeigt. Um jedoch einer Verschüttung des C durch die Fugen zwischen den Steinen vorzubeugen, mufs d noch eine grobe Kiesschüttung oder eine Strohlage angebracht den, die man oft noch mit Rasen bedeckt.

Vortheilhafter ist es, wenn man Ziegel oder andere bes zu diesem Zwecke gebrannte Steine benutzt, man kann alsdann leicht die Seitenwände des Canales mit solchen einfassen. A Methoden, wobei gleichfalls flache Steine zur Ueberdeckung un schliefsung der Gräben verwendet werden, zeigen die Figure 129, 131, 132 und 133. Dieselben Constructionen werden in land auch oft zur Trockenlegung von Strafsen gewählt.

Bei Anwendung des Strauches zur Darstellung freier Can die in Fig. 130 dargestellte Methode besonders häufig benutzt den. Man schneidet nämlich kleine Stäbchen von etwa 15 Zoll

l lehnt diese abwechselnd an die eine und die andre Wand des abens, so dafs sie sich in der Mitte kreuzen und unmittelbar be- ren. Alsdann füllt man den obern prismatischen Raum mit uch, worüber Stroh gelegt wird, damit die aufgeschüttete Erde ht hindurchfällt. Das untere dreiseitige Prisma bildet den eigent- en Sickercanal.

In neuester Zeit ist man von den beschriebenen Construc- ten abgegangen, und hat dafür eine andere gewählt, die in Be- auf Dauer und Sicherheit des Erfolges unbedingt den Vorzug dient. Jene Sickergräben, die mit vegetabilischen Stoffen über- kt werden, bleiben nämlich nur so lange dem Drucke der darauf enden Erde entzogen, als diese Stoffe ihre Festigkeit behalten, man mufs besorgen, dafs später gröfsere Erdklumpen sich lösen, r auch feinere Massen hindurchfallen und die Canäle sperren.

Indem man eine dauerhaftere Construction wählt, so fällt auch Grund fort, die Gräben möglichst hoch zu halten. Bei gröfse- Tiefe entzieht man sie aber nicht nur manchen Beschädigungen, lern man senkt auch das Grundwasser, und indem die Wirksam- eines Sickergrabens sich zu beiden Seiten um so weiter erstreckt, efer er liegt, so erreicht man noch den wesentlichen Vortheil, die Anzahl der Gräben sich vermindert und sonach die ganze ıge, der gröfseren Tiefe unerachtet, wohlfeiler wird. Auch eine tige Strömung wird bei der festeren Construction unschädlich, man darf die Canäle in die Richtung der Abdachung des Bo- legen, wodurch ihre Wirksamkeit sich gleichfalls verstärkt.

Die in Fig. 131 dargestellte Anordnung bildet den Uebergang neuern Methode. Eine Schicht flacher gebrannter Steine, also ıziegel oder Fliesen, stellt die Sohle des Canales dar, und zur enzung an den Seiten, so wie zur Ueberdeckung dient eine e von Hohl- oder Forstziegeln. Bei der grofsen Anzahl der derlichen Steine gab man ihnen bald passendere Formen, indem Bodensteine mit einer flachen Rinne versehn, und die Decke in halbe Cylinder verwandelt wurden. Demnächst ersetzte die ersteren durch die letzten, und bildete Canäle von kreis- ıigem Querschnitt. Die horizontalen Fugen waren indessen störend, weil theils leicht Sand und Erde durch sie eindrang, ls auch die obern Steine auf den schmalen Seitenwänden der un- nicht fest und sicher auflagen, und wenn sie sich beim Be-

schütten mit Erde verschoben und herabfielen, so sperrten sie einen grofsen Theil der Oeffnung. Hiernach ging man endlich dazu über, ganze Cylinder, nämlich die sogenannten Drainröhren, zu formen und zu brennen. Solche werden jetzt allgemein benutzt und sie haben sich bereits als sehr dauerhaft erwiesen, während zugleich der rinnenförmig gekrümmte Boden das durchfliefsende Wasser mehr zusammenhält und daher die zufälligen Ablagerungen leichter fortgespült werden.

Die einzelnen Röhrenstücke werden meist ohne weitere Verbindung nur stumpf an einander gelegt. Dabei kann es leicht geschehn, dafs der Sand durch die Stofsfuge dringt, und noch gröfser ist die Gefahr, dafs die kurzen Röhren beim Verlegen und Beschütten mit Erde etwas seitwärts rollen, so dafs ihre Oeffnungen nicht mehr genau auf einander treffen, und der Querschnitt der Leitung dadurch stellenweise beengt wird. Um dieses Rollen der Röhren zu vermeiden, hat man zuweilen versucht, sie mit einem breiten Fufse zu versehn, oder auch einen elliptischen Querschnitt ihnen zu geben. Beides kommt jedoch nur selten vor, dagegen benutzt man zuweilen weitere Ringe oder Muffen zur Ueberdeckung der Fugen, ähnlich denen, die auch bei eisernen Leitungsröhren vorkommen, und Fig. 100 Taf. VII. dargestellt sind.

Indem die Röhren oft nur 1 bis 2 Zoll weit sind, so bedarf der Graben, in den man sie legt, keiner bedeutenden Breite, doch mufs diese so grofs sein, dafs ein Arbeiter darin noch stehn und gehn kann. Letzteres geschieht freilich nur sehr unbequem, indem er den einen Fufs immer voranstellt und den andern nachzieht. Die Grabensohle wird zu diesem Zweck 4 Zoll breit gemacht, und da sie mindestens 4 Fufs tief liegt, so ist das Verlegen der Röhren sehr lästig, besonders da man die Seitenwände möglichst steil halten mufs, um die Erdarbeiten nicht zu weit auszudehnen. Der Graben wird, nachdem seine Richtung und Breite abgesteckt ist, mit Spaten ausgestochen, und zwar sind diese von verschiedener Breite und Form, um in den verschiedenen Tiefen die Arbeit möglichst zu erleichtern. Man bedient sich auch mit Vortheil gewisser Pflüge, die indessen nur zum Auflockern, nicht aber zum Ausheben des Bodens dienen.

Nachdem der Graben an einer Stelle die volle Tiefe erhalten hat, und gehörig geebnet ist, so werden die Röhren darin sogleich verlegt. Der Arbeiter, der dieses thut, steht gemeinhin im Graben,

nan die Röhren, wenn sie auf einen passenden Hacken
l, auch von oben verlegen, obwohl dieses weniger sicher
› Röhren nicht nur auf einander treffen, sondern auch
timmten gleichmäfsigen Gefälle verlegt werden müssen.
ieht man 2 bis 3 Röhrenstücke, deren Länge 12 bis 14 Zoll
einen dünnen Stab, und verlegt sie so, dafs dieser Stab
bereits früher verlegte Röhre greift. Mit der Setzwage
ı die Neigung untersucht, und die Grabensohle, soweit
, vertieft oder erhöht. Wenn die Röhren passend liegen,
an sie fest an, überdeckt jeden Stofs mit einer Handvoll
nd bringt eine dünne Lage feinen und zähen Thon auf,
angetreten wird, um ein ferneres Verschieben der Röh-
ndern. Alsdann zieht man den Stab heraus, und beginnt
ıg des Grabens. Auf diese Art wird der Graben kei-
röfserer Länge auf einmal eröffnet, wodurch seine Wände
ocknen und nachstürzen würden, vielmehr pflegt man
it so anzuordnen, dafs der Graben nur da, wo gerade
verlegt werden, die volle Tiefe hat, und er dahinter
r verschüttet wird. Man pflegt aber die lockerste Erd-
ersten Ueberdecken der Röhren zu verwenden, um das
ı des Wassers zu erleichtern, und die compacten Schich-
›bern Theil des Grabens zu werfen. Die einzelnen La-
man etwas an, um ein späteres starkes Setzen zu ver-

ɛ Anordnung dieses Entwässerungs-Systems betrifft,
n im Allgemeinen anzunehmen, dafs die Canäle bei hin-
ɬefälle so viel Ruthen von einander entfernt sein dürfen,
fe unter der Oberfläche Fufse mifst. Diese Regel gilt
ır für leichten, als für strengen Boden. Je fester der-
ı so geringere Entfernungen mufs man wählen. Leclerc
ɛ bei Besichtigung dieser Anlagen in England gefunden,
tiefe Sickergräben bei verschiedenen Bodenarten in fol-
nungen gelegt werden:

m Boden	22	bis	32 Fufs
Untergrund aus Kreide besteht . .	25	-	35 -
. . . . .	35	-	45 -
a Thonboden	32	-	48 -
m Boden	48	-	64 -

Man giebt den Sickercanälen das stärkste Gefälle, welches das Terain gestattet, und betrachtet 1 : 500 oder auch wohl schon 1 : 400 als das schwächste, noch zulässige Gefälle. Ist die Fläche so eben, dafs man selbst bei Verfolgung des stärksten Abhanges dieses Gefälle nicht darstellen kann, so wählt man eine Anordnung, die dem Rückenbau für Ueberrieselungen ähnlich ist (§. 30). Man legt nämlich einen weiteren Sickercanal in gröfserer Tiefe mitten durch das Feld, der wegen der bedeutenden Oeffnung von 4 bis 6 Zoll Durchmesser nur eines geringen Gefälles bedarf, und läfst in diesen die kleineren Sickercanäle mit gehörigem Gefälle und in angemessenen Entfernungen von beiden Seiten eintreten.

Auch wenn das Terrain es gestattet, jeden einzelnen Sickergraben frei austreten zu lassen, so zieht man es doch vor, dieselben in eine gemeinschaftliche weitere Röhre zu führen, und zwar geschieht dieses in der Art, dafs die kleinern Röhren einige Zolle höher liegen, und durch die Decke in die weitere münden. Sie finden also einen freien Abflufs, wenn letztere auch gefüllt ist. Die Verbindung bedarf keiner besondern Festigkeit, man wählt dazu entweder Röhren, die vor dem Trocknen gebogen waren, oder man benutzt auch kleine hölzerne Zwischenröhren. Diejenigen Röhrenstücke, welche unmittelbar in den Wiesengrund, oder in einen offenen Graben austreten, müssen wenigstens 2 Fufs lang sein, damit die nächste Stofsfuge in feste Erde trifft. Man pflegt in denselben noch ein Drahtnetz anzubringen, um das Eintreten der Mäuse und Ratten zu verhindern, die oft zur Sperrung der Canäle Veranlassung geben.

Diejenigen Röhren, welche unmittelbar das Wasser aus dem Acker auffangen, sind genügend weit, wenn ihre Oeffnung 1 Zoll im Durchmesser hält, doch erweitert man sie meist auf 1¼ oder 1½ Zoll, damit die unvermeidlichen Unregelmäfsigkeiten beim Verlegen nicht sogleich eine starke Verengung veranlassen. Die Länge des ganzen Stranges beträgt meist etwa 1000 Fufs und bei starkem Gefälle nicht selten sogar 2000 Fufs. Bei gröfserer Ausdehnung ist es aber vortheilhaft, sie in etwas weitere Röhren übergehn zu lassen, damit alles Wasser sicher gefafst wird.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs der Ausführung einer solchen Anlage eine sorgfältige Untersuchung der Höhenlage und der Beschaffenheit des Bodens, und die Bearbeitung eines vollständigen Projectes vorangehn mufs. Zunächst ist zu prüfen, ob man

einfache System der parallelen Röhren wählen darf, oder ob es
g ist, gröfsere Abzugscanäle, in welche jene einmünden, dazwi-
ı zu legen. Für jene, wie für diese mufs die Richtung und
nlage vollständig ermittelt werden, damit das erfordliche Ge-
sich überall bilden, und die ganze Anlage in kräftige Wirksam-
treten kann.

Die Anfertigung der Drain-Röhren erfolgt in gröfseren
leien oder besondern Fabriken und zwar mittelst Maschinen, in
hen der steife Thon unter sehr starkem Drucke durch eine kreis-
ige Oeffnung gepreſst wird, in welcher ein cylindrischer Kern
ebt. Letzterer wird vor der Oeffnung durch einen schmalen
gehalten. In dieser Art tritt die fertige Röhre aus der Ma-
ne und wird in den Zwischenzeiten, wo der Druck aufhört, in
beabsichtigten Längen durch einen oder mehrere Drähte zer-
itten. Der hierbei zu verwendende Thon mufs von besonderer
auch möglichst sorgfältig bearbeitet und gereinigt sein, sowie
ı das Trocknen und Brennen mit grofser Vorsicht erfolgen mufs,
it die Röhren den nöthigen Härtegrad erhalten, ohne ihre Form
erändern.

§. 30.

Bewässerungsanlagen.

Die Bewässerung der Ländereien geschieht entweder durch
erstauung, oder durch Ueberrieselung. Die erstere ist
ugsweise beim Getreidebau üblich, doch wendet man sie auch
fig bei Wiesen zur Beförderung des Graswuchses an, während
letztere sich allein auf die Wiesencultur beschränkt. Nach der
en Methode wird in der geeigneten Jahreszeit das Feld einmal
r wiederholentlich unter Wasser gesetzt und bleibt einige Tage
durch damit bedeckt, wobei theils eine starke Durchnässung des
dens erfolgt, theils aber auch die erdigen Theilchen aus dem Was-
niederschlagen und dadurch zur Befruchtung wesentlich beitragen.
i der Ueberrieselung wird dagegen über die Wiesenfläche eine mög-
lst gleichmäfsige Strömung geführt, die keineswegs den Rasen be-
ckt, sondern die feinen Grasblättchen überall über das Wasser her-

vorragen läfst, so dafs man letzteres nur eben dazwischen dur
mern sieht.

Dafs in beiden Fällen auch reines Wasser von Nutzen
nicht zu bezweifeln, da dieses ebenso wie der Regen wirkt.
dagegen das Wasser nicht ganz rein ist, sondern einigen S
mit sich führt, so ist es für die Ueberschwemmung um so m
und wahrscheinlich auch für die Ueberrieselung, obwohl ma
das Gegentheil behauptet. Eine starke Ablagerung erdiger Stof
letzten Falle freilich insofern nicht günstig, als dadurch di
lich eingerichtete Wiesenfläche leicht so unregelmäfsig sich
dafs das Bewässerungssystem gestört wird, dagegen bemer
bei diesen Wiesen, wenn das Wasser auch ganz rein zu sein
mit der Zeit ein Aufwachsen des Bodens, und sonach ist
stimmend mit den sonstigen Erfahrungen anzunehmen, dafs a
die feinen und kaum merkbaren Erdtheilchen einigen Ein
die Vermehrung des Ertrages ausüben. Von welcher Art
Wasser schwebenden Erdtheilchen sind, und ob sie für d
sichtigte Cultur vortheilhaft oder vielleicht nachtheilig sein
mufs man, wenn nicht directe Erfahrungen vorliegen, näh
suchen, damit man sich nicht etwa über die Verbesserung de
täuscht, oder man ihn wohl gar durch das darüber geleitete
verdirbt. Bélidor *) erzählt ein Beispiel des letzten Falles.

Die Bewässerungsanstalten zeichnen sich im Allgemei
allen sonstigen hydrotechnischen Anlagen durch eine grofse
heit aus. Sie bestehn gewöhnlich nur in kleinen Gräben
drigen Verwallungen, und die Stauwerke oder Schütze, die
weilen dabei benutzt, sind wegen der geringen Dimensione
sehr einfache Bauwerke. Die grofse Anzahl und weite Aus
solcher Anlagen, die sämmtlich eine fortdauernde Aufmerk
und bei entstehenden Unregelmäfsigkeiten eine schleunige A
rung erfordern, erschweren aber häufig in hohem Grade
lingen des ganzen Unternehmens. Der Landmann, der von
wässerung den Nutzen zieht, mufs selbst alle zugehörigen
controlliren und in gutem Stande erhalten, und darf nur
Falle einen Vortheil davon erwarten, wenn er dieses mit Lie
und häufig thut. Ein einzelner Spatenstich, der zur rechten

*) *Architecture hydraulique. Vol. IV. p.* 476.

wird, kann leicht grofsen Unordnungen vorbeugen, und so ese Arbeit ganz in den Kreis der gewöhnlichen landwirthchen Verrichtungen übergehn, wenn sie ohne grofse baare en besorgt werden soll.

Was die Bewässerung durch Ueberstauung betrifft, so war Methode schon in dem frühesten Alterthume bekannt, indem heil von Egypten seit dem Anfange der historischen Zeit o bewässert wurde, wie dieses noch jetzt geschieht, nur sind nlagen, die man künstlich für diesen Zweck dargestellt hat, zu Tage nicht mehr sämmtlich in Wirksamkeit. Die natürli- Anschwellungen des Nils setzen diese Bewässerungsanstalten ätigkeit. Sie bestehn in einer Menge von Coupirungen, welche m westlichen Arme des Nils, oder dem Josephs-Canale (*Bahr f*) angelegt sind. Dafs dieser Arm künstlich ausgegraben sei, der Name es vermuthen läfst, darf man wohl bezweifeln, aber och ist eine solche Stromspaltung, wie diese, vielleicht ohne Gleichen. Auf 70 bis 80 Meilen Länge von Dendyra bis Cairo en nämlich die beiden Arme vielfach unter sich verbunden, doch etrennten Betten in einem Abstande von 1 bis 2 Meilen paralnit einander fort, und man mufs vermuthen, dafs diese Spaltung, he für das Bewässerungssystem so wesentlich ist, durch Kunst ollständigt und gesichert wurde. Der westliche Arm, der nur 300 Fufs breit ist, während der eigentliche Nil oder der östliche über 2000 Fufs Breite hat, heifst von Tharout es Sherif abts der Joseph-Canal, und von hier bis unterhalb Cairo, also auf Breitengrade zieht er sich ohne Unterbrechung fort und dient zum ässern des Landstriches, der zwischen ihm und dem eigentlichen liegt. Jenseits des Nils konnte diese Bewässerung nicht ausgent werden, weil der Fufs des Mokattam-Gebirges grofsentheils Stromufer bildet. Auf der westlichen Seite des Josephs-Canales eben sich gleichfalls die hohen Sandhügel, die von der Libyschen rgkette herabgeweht sind, welche letztere auch nicht fern ist. nach ist das eigentliche Flufsthal Mittel-Egyptens auf den fruchtren Strich zwischen beiden erwähnten Flufsarmen beschränkt, und sem Bewässerungssysteme verdankt derselbe allein seine Fruchtrkeit. Das Terrain liegt hier so hoch, dafs es durch die natürhen Anschwellungen des Nils nicht regelmäfsig inundirt werden

kann. Zu diesem Zwecke sind aber die vielfachen Durchdäm-
gen des Josephs-Canales ausgeführt, und in gehöriger Entfer-
von denselben, Verbindungen mit dem Nil eröffnet. Vor jedem
chen Damme staut das Wasser bis zu derjenigen Höhe auf, w
der Wasserspiegel des Nils an der Einmündung des nächst ober
belegenen Verbindungscanales erreicht, also nach Maafsgabe des
fälles steigt es mehrere Fufs über die natürliche Anschwellung
Stromes. So bilden sich treppenweise Bewässerungsbassins b
einander, und vielfach werden die künstlichen Dämme durchst
oder durchbrochen, wodurch sich nach und nach die grofse Wa
menge verliert, die aufgesammelt war, und sobald sie abgeflos
ist der Boden nicht nur durchnäfst und gedüngt, sondern überh
so vorbereitet, dafs die Saat sogleich ohne Weiteres ausge
werden kann.

Das Steigen des Nils beginnt bald nach dem Sommersolsti
also in den ersten Tagen des Julius. Am stärksten ist es im
fange oder der Mitte des August, Mitte September hat das W
ser die gröfste Höhe, etwa 25 Fufs über dem kleinen Wasser,
reicht. Im October zeigt sich schon ein merkliches Fallen, Nov
ber und December wird dieses am stärksten, doch erfolgt es w
langsamer als das Steigen. Im October durchsticht man schon d
Dämme und eröffnet dadurch dem Wasser den Abflufs, worauf au
sogleich die Aussaat geschieht.

Von dem Josephs-Canale tritt etwa 12 Meilen oberhalb Ca
durch ein enges Thal in der Libyschen Bergkette ein Arm in d
acht Meilen lange und stellenweise eben so breite fruchtbare Eb
el Fajoum, an deren nordwestlicher Seite sich der Möris-See hi
zieht. Diese ganze Ebene wird auf dieselbe Art, wie der Landstri
zwischen den beiden Nilarmen, künstlich inundirt und sogar in ein
zusammenhängenden See verwandelt, so dafs die Communication hi
gänzlich aufhört. Nach Herodot's Erzählung flofs das Wasser ab
nicht auf demselben Wege, auf dem es eingelassen wurde, wied
zurück, sondern es ergofs sich durch einen künstlich eröffneten nör
lichen Abflufs nach Nieder-Egypten und diente auch hier zu Bewä
serungen. Ein solcher nördlicher Abflufs ist aber gegenwärtig nic
vorhanden, vielmehr verschwindet das eingetretene Wasser nur dur
Verdunstung.

In Nieder-Egypten endlich, oder in dem Nil-Delta, wo das G

e zur Zeit des Hochwassers nur etwa $\frac{1}{1000}$ beträgt, wird das sser zwar auch durch Erddämme angespannt und dadurch so ch gehoben, dafs es einen Theil der Ländereien bedeckt, doch ben die höherliegenden Striche davon gewöhnlich frei und können r durch Schöpfmaschinen bewässert werden.

In der neuern Zeit ist das System der Bewässerung durch Ueberung am meisten im nördlichen Italien ausgebildet, und das sser, welches die von dem Südabhange der Alpen herabkommenn Flüsse führen, wird zu diesem Zwecke so vollständig benutzt, fs man im Sommer während der Bewässerungen keinen Tropfen sser in den Flufsbetten sieht. Das Terrain zeichnet sich hier rch seine horizontale Lage aus, der geringe Abhang nach dem Po t kaum bemerkbar, und selbst die Felder sind so eben, dafs man fser den künstlichen Erddämmen nicht die geringste Erhebung hrnimmt. Diese Gestaltung der Oberfläche ist grofsentheils durch e gleichmäfsige Ablagerung des Materials, welches die Flüsse herbeirten, veranlafst worden, gewifs aber haben die künstlichen Ueberwemmungen auch zur Entfernung der kleineren Unregelmäfsigiten beigetragen, indem man solche durch Abgraben beseitigte, um es einzelne Feld vortheilhaft benutzen zu können.

Diese Ebene ist mit zahlreichen Gräben durchschnitten, welche, r allgemeinen Neigung des Terrains folgend, sich von Norden nach den hinziehn, und auf beiden Seiten von niedrigen Erddeichen einschlossen sind, welche die einzelnen Felder begrenzen. Jedes Feld t ringsum mit einem solchen Deiche eingefafst, und ein kleines hütz von einigen Quadratfufs Fläche, dafs zwischen steinernen Griesulen und auf einer Steinschwelle angebracht ist, giebt Gelegenheit, f der obern Seite das Wasser aus dem Graben einzulassen. Sold dieses Schütz geöffnet wird, schliefst man den Graben darun-, um alles Wasser in das zu inundirende Feld zu leiten. Der fluſs dauert so lange bis das ganze Feld, wenn es nicht soich einen Theil des Wassers verschlucken würde, 3 bis 6 Zoll ch damit bedeckt werden könnte. Alsdann schliefst man jenes hütz wieder, und bewässert auf gleiche Weise ein anderes Feld. ach kurzer Zeit hat sich alles Wasser in den Boden eingezon und die Getreidesaaten wachsen üppig empor, bis nach dem lgemeinen Culturplane vielleicht nach einer oder zwei Wochen wier eine neue Ueberstauung gegeben wird, bis das Getreide zur Reife

kommt. Häufig ist noch ein zweites Schütz an der untern Seite des Feldes angebracht, welches indessen nur nach starkem und anhaltendem Regen geöffnet wird.

Die erwähnten Gräben werden durch Zuleitungscanäle gespeist, die von jenen Flüssen aus sich am Fuſse der Anhöhe auf der andern Seite der Ebene hinziehn. Ein Wehr schlieſst jedesmal dicht über der Mündung eines solchen Canales das ganze Flufsbette, so dafs dieses nur das höhere Wasser abführt. Auf die gleichmäſsige Vertheilung des Wassers aus dem Flusse über die ganze damit zu bewässernde Fläche wird groſse Sorgfalt verwendet, und die Anlagen sind so bemessen, dafs zur Zeit des niedrigsten Wassers allen zu bewässernden Flächen in gleichen Zeiten gleiche Massen zuströmen. Nach Maafsgabe der Gröſse der Flächen wird aber die Dauer des Zuflusses geregelt, und der niedrigste Wasserstand ist als Norm angenommen, weil während desselben es auf die gleichmäſsige Vertheilung am meisten ankommt.

Dieses sind im Allgemeinen die Principien der Bewässerung der Lombardei. Der ganze Verband steht unter der Controlle eines von demselben erwählten Aufsichtspersonals, welches nicht nur die Inundationen regulirt und zu diesem Zwecke alle Schütze unter Verschluſs hat, sondern auch über die gute Erhaltung aller Werke wacht. Die Sorgfalt, womit diese Anlagen aber unterhalten werden, ist überraschend.

Es kommt noch darauf an, einige Data über die Wassermenge mitzutheilen, welche zur Bewässerung benutzt wird. G. Goury führt an, dafs im Piemontesischen 343 Liter in der Secunde 130 bis 140 Hectaren fruchtbares Land bewässern, oder für die ganze Zeit der Bewässerung mufs man durchschnittlich für jede Hectare 11,4 Wasserzoll rechnen, oder jeder Magdeburger Morgen braucht während dieser Zeit in der Secunde 0,021 Cubikfufs Wasser. Sandiger Boden verlangt das Doppelte, wenn man dagegen auf thonigem Untergrunde Wiesen bilden will, so braucht man nach Goury nur die Hälfte.

Auch in Frankreich kommen mehrfach ähnliche Bewässerungsanlagen vor. In der Provence rechnet man auf jede Hectare 7¼ Wasserzoll oder auf den Morgen 0,013 Cubikfufs, und dabei wird gewöhnlich alle Monate nur einmal jedes Feld bewässert. In andern Gegenden Frankreichs bewässert man vom März bis Juni wöchent-

einmal, und zwar giebt man, wenn das Wasser reichlich vorhanden ist, jedesmal so viel davon, dafs es 3 Zoll hoch das Land bedeckt. Die Kosten belaufen sich für die jährliche Bewässerung in verschiedenen Theilen Frankreichs zwischen 23 und 40 Francs, durchschnittlich aber 30 Francs für die Hectare, oder für den Morgen beinahe 2 Thaler. *)

Endlich mufs noch erwähnt werden, dafs die Bewässerungen zuweilen, wie bei den untern Rhone-Niederungen noch zu einem andern Zwecke dienen. Der aus dem Meere aufgewachsene Boden ist stark mit Salz durchzogen, und wenn eine Austrocknung durch Verdunstung erfolgt, so effloreseirt das Salz an der Oberfläche und tödtet die jungen Saaten. Man bedeckt daher den Boden vor der Aussaat mit dem süfsen Rhonewasser und nachdem dieses das Salz aufgelöst hat, wird es abgelassen. Dieselbe Operation mufs aber mehrmals wiederholt werden. Aufserdem bestreut man die Felder noch mit Schilf, nachdem die Aussaat geschehn ist, um das Austrocknen und damit die starke Ansammlung von Salz zu verhindern. Dieses Schilf dient aber für die Folge wieder zur Düngung. **)

Was die Bewässerung durch Ueberrieselung betrifft, so ist dieselbe für den Hydrotecten von geringerer Bedeutung, indem sie sich nur auf einzelne Wiesenflächen bezieht. Die betreffenden Anlagen sind daher gemeinhin auch so wenig umfassend, dafs sie kaum als zur Wasserbaukunst gehörig betrachtet werden. In der Regel werden sie von dem Grundbesitzer selbst nach dem Augenmaafse und nach blofser Schätzung ausgeführt, woher denn auch in den Schriften, die hierüber handeln, keine bestimmten Erfahrungssätze mitgetheilt werden, sondern die Burtheilung des passendsten Gefälles, der nöthigen Wassermenge und dergleichen nur von einer dunkeln Schätzung, oder dem sogenannten praktischen Blicke abhängig gemacht wird. Nichts desto weniger mögen die wichtigsten Methoden, die zum Theil sehr sinnreich sind und oft mit grofser Geschicklichkeit angewendet werden, kurz berührt werden.

Augenscheinlich kann man die Wiesenwässerung in keiner gröfseren Höhe beginnen lassen, als wo man im Stande ist das Wasser noch hinzuleiten. Zuweilen wird freilich durch Schöpfräder, auch

*) *Annales des ponts et chaussées* 1833. *II. p.* 291 ff.

**) *Annales des ponts et chaussées* 1832. *I. p.* 127.

wohl durch andre Maschinen, das Wasser künstlich gehoben, wöhnlich staut man aber den Bach, der in dem Thale fließt einer passenden Stelle auf, und führt ihn in Seitengräben mäßig hoch am Ufer fort. Wenn ein solcher Graben auf eine gr Länge die Wiese bewässern soll, so darf man das Wasser nicht mittelbar über das Ufer treten lassen, weil dadurch leicht tiefe risse entstehn würden. Man versieht ihn also an beiden Seiten höheren Ufern, und legt im Abstande von 3 Fufs an der Th mit ihm parallel einen besondern Ueberrieselungsgraben an, der einen Spatenstich breit und tief ist und durch Verbindungsgrä Entfernungen von etwa 2 Ruthen gespeist wird. Diese Verbin gräben lassen sich leicht durch ein Stückchen Rasen oder Spahn so weit verengen, oder andrerseits so viel erweitern, daß gleichmäfsig dem Ueberrieselungsgraben das Wasser zuführen. letzterem, der mit keinem höheren Ufer versehn ist, fliefst das W ser überall auf den Rasen über und die Gleichmäfsigkeit in der V breitung desselben wird dadurch erreicht, dafs man mit dem Sp in der Hand täglich die Anlage begeht und wo es Noth thut feinen Rinnen erweitert oder verengt. Es kann jedoch nicht fe dafs wegen der Unebenheit der Oberfläche sich bald Unregelmä keiten bilden und das Wasser sich an einzelnen Stellen stärker sa melt als an andern, man mufs daher in einem zweiten Ueberrie lungsgraben, der ganz horizontal geführt ist, das Wasser wied sammeln und es von diesem aus aufs Neue möglichst gleichmäf verbreitet auf die unterhalb gelegene Wiesenfläche treten lassen. durchzieht man in Abständen von 1 bis 5 Ruthen den Abhang mit horizontalen kleinen Gräben, und in jedem derselben sammelt sich das Wasser und verbreitet es aufs Neue über den Rasen. Man fin det solche einfache Anlagen häufig im westlichen Deutschlande, wo oft das stärkere Gefälle der Bäche es erlaubt, diese am Wiesen rande hin zu führen. Auf die Neigung der Wiesenfläche scheint es dabei wenig anzukommen, und die Grenze dafür wäre nur, dafs sich der Rasen noch bilden kann.

Zuweilen trifft es sich, dafs das Thal zu unregelmäfsig gestalte ist, als dafs man es mit den horizontalen Furchen überziehn und überall einen kräftigen Rasen erzeugen kann. Dieses ist der Fall wenn die Ufer stellenweise sehr steil sind, auch das Bachbette sch

ı ist, so dafs der gewonnene Rasen immer von Neuem
rd. Wenn in solchem Falle der Boden aus reinem Sande
›bei die angedeuteten Uebelstände sich am stärksten zeigen,
e Gelegenheit zur Anlage von Schwemmwiesen ein,
an der Ems und Lippe und in andern sandigen Gegen-
rdwestlichen Deutschlands nicht selten vorkommen. Eine
wiese zeigt, sobald sie fertig ist, nichts Eigenthümliches,
uch wie andere Wiesen überrieselt, dagegen ist ihre Dar-
ler das sogenannte Wiesenflössen wichtig. Wollte man
urch Abgraben der sandigen Ufer die tiefen Stellen aus-
l theils dem Bache selbst ein regelmäfsig geneigtes und
ette geben, theils aber auch den Wiesengrund auf beiden
ı dem steilen Abhange bis zu diesem Bette sanft neigen,
ı die Kosten sehr grofs ausfallen. Man führt daher künst-
lben Veränderungen herbei, wodurch die Thäler der Flüsse
e sich in der Natur ausbilden, und unter günstigen Ver-
sich in weit ausgedehnte, nahe horizontale und fruchtbare
inde verwandeln. Der Bach selbst mufs die Anhöhen, die
itigen will, abbrechen, und das gelöste Material theils in
fungen führen, theils aber es gleichmäfsig über das ganze
›reiten, um demselben die erforderliche Höhenlage und
dachung zu geben.

Wiesenflössen kann nur mit Erfolg betrieben werden, wenn
mäfsig angeschwollen ist. Oberhalb der Stelle, wo die
›n vorgenommen werden soll, zieht man einen Damm durch
, um die ganze Wassermenge zu einer kräftigen Strömung
zu können. Die Melioration beginnt jedesmal oben, oder
erhalb jenes Dammes, und wird, so oft die Witterung es
weiter abwärts fortgesetzt. Das Verfahren besteht darin,
gegen die Höhen, die man abtreiben will, die Strömung
nd deren Wirkung noch dadurch unterstützt, dafs man diese
ıgleich abstechen läfst. Der gelöste Sand wird aber nicht
gekarrt oder ausgeglichen, vielmehr nur in das Wasser ge-
Letzteres läfst ihn grofsentheils in geringer Entfernung
llen und lagert ihn gleichmäfsig ab, indem es die Vertie-
ı der Nähe anfüllt. Bis zu der Stelle, wo jedesmal der An-
geübt werden soll, fliefst der Bach in einem geschlossenen

und ziemlich regelmäfsigen Bette, welches man mit Sorgfalt d
da es auch später benutzt wird. Weiter abwärts wird dage
Wasser nicht mehr zusammengehalten, es folgt daher dem st
Abhange und fliefst meist quer über das Thal nach dem fi
Bachbette. Auf diese Art bildet sich die beabsichtigte Er
und Abdachung aus, aber sie würde sehr unregelmäfsig und
auch wenig vortheilhaft sein, wenn man sie ganz dem Zufall
lassen wollte. Man mufs daher schon vor dem Beginne der
ein deutliches Bild von der neuen Wiesenanlage sich entwor
ben, auch die darzustellenden Höhen kennen, wobei Auf- u
träge sich ausgleichen. Gewöhnlich liegt in der Mitte der
bildeten Wiese das Bachbette, welches im erwähnten Damm
eine Arche gespeist wird, die zur Abführung des Hochwasser
Zu beiden Seiten steigt der Wiesengrund sanft an bis zum F
höheren Ufer, und hier liegen die Zuleitungsgräben für das
wasser. Dieses sind dieselben Gräben, welche während des I
in der beschriebenen Art schon in Thätigkeit waren.

Es leuchtet ein, dafs eine grofse Aufmerksamkeit und e
faches kräftiges Einwirken nöthig ist, um die beabsichtigte
mung des Bodens wirklich darzustellen, und namentlich ist
nicht leicht, die erforderliche Erhöhung bis zur Mitte des
auszudehnen. Man mufs zuweilen allein zu diesem Zweck
gräben eröffnen, in welchen das Wasser schnell genug flie
den bereits hineingeworfenen Sand nicht sogleich fallen zu
Wenn man aber hierdurch auch keineswegs eine ganz rege
Oberfläche darstellen kann, so läfst sich doch der schwierigs
der Arbeit auf diese Art ausführen, und es bleibt nur übrig,
nes durch Handarbeit auszugleichen. Es mufs aber noch
werden, dafs die Bäche, namentlich wenn sie weiter unterl
starkes Gefälle behalten, den Sand nicht vollständig fallen
sondern ihn zum Theil noch mit sich führen und sonach dies
senflöfsen oft Veranlassung ist, dafs Versandungen in den unte
len der Flüsse entstehn.

Endlich ist noch des sogenannten Siegenschen Wiese
zu erwähnen. Das Eigenthümliche dabei ist, dafs der ganze
durch Handarbeit in allen Theilen diejenige Neigung gegebe
welche bei eintretender Ueberrieselung den gröfsten Ertrag
Man bemüht sich gewöhnlich, die Neigung von 1 : 12 darz

h sind etwas flachere Abhänge, nämlich bis 1 : 18 noch zulässig. ; die Wiesenfläche schon diese Neigung, oder kann sie ihr künstgegeben werden, so wird die Bewässerung mittelt der horizonn stufenförmig unter einander liegenden Ueberrieselungsgräben ler Art eingerichtet, wie bereits beschrieben worden. Man nennt ses den Hangbau. Fig. 134*a* und *b* zeigt zwischen *E* und *H* Grundrisse und im Längenprofile diese Anordnung. *E* ist der eitungsgraben, *F* und *G* sind die Ueberrieselungsgräben mit den wischen liegenden Verbindungsgräben, doch müssen die letzteren hrend der Ueberrieselung durch zugeschärfte Brettchen geschlos- werden.

Zuweilen hat die Wiese nicht das erwähnte starke Gefälle, alsn kann man ihr dasselbe noch durch Querabhänge geben, wie selbe Figur diese auf der rechten Seite und Fig. *c* im Querprofile igt. Man nennt dieses den Rückenbau, der auch häufig mit m Hangbau vereinigt ist, indem die Wiesen gewöhnlich oben ein rkeres Gefälle haben als unten. Die Einrichtung des Rückenes ist folgende: man theilt die Wiese in dachförmige Rücken ein, elche sich in der Richtung hinziehn, die den Abhang der Wiese zeichnet. Die Breite der Rücken beträgt nur 2 bis 3 Ruthen, nn nicht etwa in jedem Rücken noch der Haugbau angebracht Der Sammelgraben oder Zuleitungsgraben *H* ergiefst sein Was- theils als gewöhnlicher Ueberrieselungsgraben in die anstofsenn dreieckigen Flächen zwischen je zwei Rücken, theils aber und uptsächlich speist er die Rückengräben *J*, die sich längs dem amme mit möglichst geringem Gefälle hinziehn. Die letzteren sind e eigentlichen Ueberrieselungsgräben, welche das Wasser auf die pezförmigen Flächen zu beiden Seiten ausgiefsen und aufserdem ch die dreieckige Fläche (entsprechend dem Walme eines Daches) wässern. Zwischen je zwei Rücken ziehn sich Sammelgräben *K* . die alles Wasser der Seitenabhänge auffangen und es in den Abgsgraben *L* führen. Eine ganz gleichförmige Vertheilung des Wassers det hier nicht statt, sobald der Graben *H* und die Rückengräben gleichmäfsig an allen Stellen das Wasser übertreten lassen, denn e Flächen, die oberhalb des Sammelgrabens *K* liegen, erhalten von ei Seiten ihre Zuflüsse, während diejenigen, die unterhalb der ickengräben *J* sich befinden, weder von der einen, noch von der dern Seite gehörig gespeist werden, in ähnlicher Art, wie in der

Hohlkehle zwischen zwei Dachflächen sich vieles Wasser ansammelt, während dem Grade, der die Seitenfläche vom Walme trennt, gar kein Wasser zufliefst. Man mufs diese Unregelmäfsigkeit durch passende Zuleitung und durch Erhöhung oder Senkung der Grabenrücken möglichst auszugleichen suchen.

Man überzeugt sich leicht, wie eine schwächere Neigung, welche die Wiesenfläche im Allgemeinen hat, dennoch ausreichen kann, um jedem einzelnen Abhange das nöthige Gefälle zu geben. Wenn dieses z. B. zu 1 : 12 angenommen ist, und die Länge der Rücken 6 Ruthen, ihre Breite 2 Ruthen und das Längengefälle der Rücken- und Sammelgräben $\frac{1}{4}$ Zoll auf die Ruthe oder 1 : 288 beträgt, so wird die Niveaudifferenz zwischen den Gräben H und L gleich $12+2\frac{1}{4}$ $= 14\frac{1}{4}$ Zoll sein, während man für den Hangbau bei Einführung derselben Gefälles 72 Zoll Gefälle gebraucht haben würde.

Nadault de Buffon*) hat sich bemüht, auch für die Ueberrieselung das Bedürfnifs an Wasser aus mehrfachen Beobachtungen festzustellen. Die Resultate weichen freilich unter sich sehr bedeutend ab, und der Unterschied wird, wie Buffon sagt, noch gröfser, wenn man die Landwirthe fragt, die immer möglichst viel Wasser fordern, um selbst bei anhaltender Dürre noch grofse Massen verwenden zu können. Es ergab sich aber, dafs ein Zufluſs, der während der Sommermonate durchschnittlich in der Secunde 1 Liter lieferte, in allen Fällen mehr, als genügend war, um eine Hectare Wiesengrund zu bewässern, ein halbes Liter wurde selbst in den heifsen Landstrichen des südlichen Frankreichs für genügend angesehn, und bei vorsichtiger Zuleitung und Vertheilung des Wassers war sogar die Hälfte davon oder ein Viertel Liter für dieselbe Fläche ausreichend.

Hiernach entscheidet sich Buffon dahin, dafs ein dauernder Zufluſs von einem Viertel bis zu einem halben Liter in der Secunde für eine Hectare Wiesengrund genüge, oder $3\frac{1}{2}$ bis $7\frac{1}{2}$ Cubikzoll für den Morgen. Ein Bach, der während des Sommers durchschnittlich 1 Cubikfufs in der Secunde giebt, ist sonach fähig, 480 bis 240 Morgen Wiesenfläche zu bewässern. Man läfst aber das Wasser nicht ununterbrochen auf dieselbe Fläche treten, vielmehr ist es vortheil

*) *Traité théorique et pratique des Irrigations. Tome III.* Paris 1844 *p.* 502 bis 509.

i das Wasser möglichst vortheilhaft verwendet werden soll, in zwei gleiche Hälften zu theilen, die abwechselnd image hindurch bewässert werden. Die ungetheilte Wasserie während einer solchen Periode auf die halbe Fläche tritt, einem Niederschlage von 2½ bis 4½ Zoll Höhe, also jedenm sehr starken Regen, während mehrerer Tage.

Nachträglicher Zusatz zu §. 8.

neuester Zeit haben die sogenannten Amerikanischen essinischen Brunnen mehrfach Eingang gefunden, und htigkeit, womit sie sich unter günstigen Verhältnissen einlassen, dürfte ihnen eine ausgedehnte Verbreitung sichern. ich bei dem Feldzuge der Engländer in Abessinien waren unschätzbarem Werth, da sie an allen passend gewählten itzen in der kürzesten Zeit das nöthige Trinkwasser liefer- unterscheiden sich von den gewöhnlichen Brunnen nur daafs ihnen der Kessel, oder das Bassin fehlt, in welchem das sich ansammelt. Der natürliche Boden umgiebt nämlich un- das Pumpenrohr. Letzteres wird in irgend einer Weise ben, und mufs, damit es leicht eindringt, von gleichmäfsim und möglichst geringem Durchmesser sein, woher bei Einrichtung von Druckpumpen unmöglich ist. Diese Brunl nur ausführbar, wenn das Grundwasser nicht tief liegt, also durch Luftverdünnung noch angesogen werden kann. eite Bedingung ist, dafs der Boden hinreichend rein ist, um r leicht eindringen zu lassen.

nachstehende Beschreibung bezieht sich auf einen Brunnen, Kurzem in dem Hofraume der hiesigen Gewerbe-Academie lt wurde.

em das Bohrloch nicht tief, und nicht bis in das Grundierabgetrieben, auch nur bis zum Einstellen des Saugerohres halten werden sollte, so war die Umschliefsung desselben terröhren entbehrlich, auch der Bohrer durfte nur zum He-

ben von feuchtem Sande eingerichtet sein: ihm fehlte daher d lindrische Umschliefsung des gewöhnlichen Erdbohrers, und stand nur aus zwei flachen Schraubengängen, von denen jeder Halbkreis von 2 Zoll Radius umfafste. Dieser Bohrer, an ein tes Gestänge befestigt, wurde von zwei Mann eingeschrobe brachte jedesmal einen Cylinder feuchten Sandes anfänglich m lem Bauschutt vermengt, von 3 bis 4 Zoll Höhe heraus.

In der Tiefe von 10 Fufs unter dem Pflaster zeigte sic Sand schon stark mit Wasser durchzogen, woraus sich ergab man das Grundwasser erreicht hatte. Nunmehr wurde die S röhre eingestellt. Dieselbe bestand in einer 2 Zoll weiten gez eisernen Röhre. An ihrem untern Ende befand sich eine G schraube aus Schmiedeeisen, deren weit vortretende dünne (in ihren äufsern Rändern einen Kegel darstellten, der unten i Spitze auslief, dessen obere Basis aber 4 Zoll im Durchmesse Oberhalb der Schraube, wo die Höhlung der Röhre ihren A nahm, waren die Wandungen der letzteren mit einer grofsen A angeblich neunzig, kleinen Oeffnungen versehn, durch welch Wasser eintreten konnte.

Diese Röhre wurde, nachdem in passender Höhe ein zweiarmiger Hebel mittelst Schrauben daran befestigt war, 4 Fufs tiefer in den Boden eingeschroben. Sie mufste dabei eine eben so weite Ansatzröhre mit Hülfe einer übergeschr Muffe verlängert werden. Endlich schrob man den gufseisernen darauf, worin sich die vollständige Pumpe nebst Schweng Ausgufsrohr befand, und hiermit war die Aufstellung des Br beendigt. Die Zwischenzeit zwischen dem Aufbrechen des P und der Benutzung der Pumpe betrug 45 Minuten und dabei nur 2 Mann beschäftigt gewesen.

Das aus der Tiefe von etwa 13 Fufs gehobene Wasser w fangs dunkelbraun gefärbt, doch klärte es sich schon beinah ständig, nachdem man etwa 6 Eimer gepumpt hatte.

Auffallend war es, dafs bei dem lange fortgesetzten F der Brunnen nicht versiegte, vielmehr stets reichlich Wasse dasselbe drang also nicht allein aus der nächsten Umgebung sondern sammelte sich in weitem Umkreise. Die Erschein klärt sich durch den starken Druck, unter dem das Was Pumpe zufliefst, und der keineswegs allein der Niveaudiffere

dem Grundwasser und der Sohle des Saugerohres entspricht, mehr vorzugsweise durch die Luftverdünnung in der Pumpe veranlasst wird. Der Ueberdruck der Atmosphäre treibt das Wasser in gleicher Art nach der Röhre, wie Donnet (vergleiche Seite 75) die Luftverdünnung im Brunnenkessel zur schnelleren Speisung desselben benutzte. Zu diesem Zwecke wurden auch die Schraubengewinde der Verlängerung des Saugerohres und vor dem Aufsetzen des Kopfes mit dünnem Eisenkitt bestrichen, der den luftdichten Schluss herstellte.

In andern Fällen werden diese Brunnen, nachdem der Boden einige Fuss tief aufgegraben oder aufgebohrt ist, nicht eingeschroben, sondern eingerammt. Das Saugerohr ist alsdann am untern Ende nur mit einer massiven Spitze versehn, worüber sich die feinen Zufluss-Oeffnungen befinden. Auf dieses Rohr wird aber zuletzt ein starker gusseiserner Kopf aufgeschroben, der sowol den Schlag des eisernen Rammklotzes aufnimmt, als er auch zwei Leitstangen trägt, zwischen welchen der leichte Klotz sich bewegt. An die Leitstangen sind die Scheiben befestigt, worüber die Rammtaue laufen.

Die Erfindung dieser Brunnen ist übrigens nicht ganz neu, da schon früher zuweilen hölzerne Röhren in ähnlicher Weise eingerammt und benutzt sind. So soll in Berlin ein Brunnen dieser Art bereits seit 18 Jahren im Gebrauch sein.

Ende des ersten Bandes.

Gedruckt bei A. W. Schade (L. Schade) in Berlin, Stallschr

Handbuch

der

Wasserbaukun

von

G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Erster Theil:

Die Quellen.

Zweiter Band mit 13 Kupfertafeln.

Berlin 1870.

Verlag von Ernst & Korn.

(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

runnen, Wasserleitungen

und

Fundirungen.

Von

G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Zweiter Band.

Mit einem Atlas von 13 Kupfertafeln.

Berlin 1870.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Fünfter Abschnitt.

Fundirungen.

§. 31.

Fundirungen im Allgemeinen.

Die Oberfläche des natürlichen Bodens ist nur selten so fest oder tragfähig, dafs sie unter der Last eines darauf gestellten Gebäudes gar nicht in Bewegung gesetzt oder zusammengedrückt werden könnte. Wenn dieses aber auch während des Baues nicht der Fall ist, so dürfen die spätern Einwirkungen der Witterung nicht unbeachtet bleiben. Der Regen dringt in die meisten Bodenarten ein und erweicht dieselben, während er sogar zuweilen noch Unterspülungen veranlafst. Der Frost verursacht dagegen andre Bewegungen, indem das eingedrungene Wasser beim Gefrieren sich ausdehnt und beim Schmelzen wieder ein geringeres Volum einnimmt, so dafs auch hierdurch der Untergrund gelockert wird.

In dieser Weise kann der Bau, den man unmittelbar auf den natürlichen Boden stellen wollte, entweder sogleich oder später die sichere Unterstützung verlieren. Geschieht dieses in seiner ganzen Ausdehnung gleichmäfsig, so ist die Senkung weniger nachtheilig, da die einzelnen Constructions-Theile sich weder trennen, noch aus dem Lothe weichen. Im entgegengesetzten Falle ist die Gefahr viel gröfser, und steigert sich nicht selten so sehr, dafs der vollständige Einsturz erfolgt.

Das kunstgerecht ausgeführte Gebäude bildet einen Körper, dessen Theile unter sich nicht nur fest, sondern auch so dicht schliefsend verbunden sind, dafs der Regen dazwischen nicht eindringen kann. Die sichere Unterstützung fehlt aber, wenn der Untergrund nicht hinreichend fest ist, oder durch die erwähnten atmosphärischen Einflüsse gelockert werden kann. Indem letztere an der natürlichen Oberfläche und nahe unter derselben im All-

[illegible] als in gröſserer Tiefe, so [illegible] werden, bis die Erd-Schichten di[illegible] und dauernd behalten. Diesen T[illegible] solcher Absicht unter die Oberfläche d[illegible] herabreicht, nennt man die Fundirung [illegible]

[illegible] und zusammenhängendes Gestein zu Ta[illegible] gewöhnlichen Verhältnissen keiner Fundir[illegible] schweren Bau darauf zu stellen, weil der Bode[illegible] Eigenschaften des künstlichen Mauerwerks [illegible] also nur darauf an, ihn mit diesem so innig [illegible] er eine Fortsetzung desselben bildet. Dabei m[illegible] dafür sorgen, daſs ein Abgleiten verhindert wird. [illegible] andern Bodenarten muſs dagegen der Bau tiefer [illegible] werden, und wenigstens so tief, daſs man ihn jene [illegible] Einwirkungen entzieht. In unserm Klima pf[illegible] nicht tiefer, als etwa 4 Fuſs in den Grund einzu[illegible] verschwinden alsdann die auffallenden Aenderungen de[illegible] tigkeits-Zustandes, wenn nicht etwa Quellen sich in der N[illegible] finden. Dieses Maaſs bezeichnet also unter günstigen Un[illegible] und wenn nicht etwa andre Rücksichten, wie Kelleranlag[illegible] weiteres Herabgehn fordern, die Tiefe der Fundirung.

Der aufgeschwemmte Boden besitzt jedoch häufig in de[illegible] Lagen noch nicht die nöthige Tragfähigkeit, um einen s[illegible] Bau sicher zu unterstützen. Bei gleichmäſsiger Beschaffen[illegible] Bodens vermindert sich dieser Mangel bei zunehmender Tie[illegible] theils zur Seite ein stärkerer Gegendruck sich bildet, the[illegible] auch die unter der Fundirung liegende Schicht nicht so lei[illegible] in der Nähe der Oberfläche seitwärts ausweichen kann. [illegible] sem Grunde muſs man im Allgemeinen um so weiter her[illegible] je schwerer das Gebäude ist. Die gröſsere Tiefe des Fund[illegible] giebt auſserdem noch Gelegenheit, die Basis desselben stufe[illegible] zu verbreiten und dadurch den Druck auf eine gröſsere Fl[illegible] vertheilen, oder den natürlichen Boden verhältniſsmäſsig [illegible] zu belasten.

In dem Falle, daſs verschiedenartige Erdschichten üb[illegible] ander lagern, kann es leicht geschehn, daſs die obere feste [illegible] das Gebäude zu tragen im Stande ist, auch vermöge ihres

ıhanges jede Bewegung und jedes Ausweichen der darunter ichen loseren Masse verhindert, dafs jedoch der Bau in die ı einsinkt, sobald man die Fundirung tiefer herabführt und este Schicht ganz oder theilweise durchschneidet. Um in Beziehung sich zu sichern, mufs man durch Aufbohren rundes dessen Beschaffenheit bis zu gröfserer Tiefe genau ichen, und zwar ist dieses in allen Fällen nothwendig, wenn e Gebäude an Stellen errichtet werden sollen, woselbst die higkeit des Bodens noch nicht durch das Verhalten andrer er Gebäude erprobt ist. Ueber die Ausführung dieser Boh- ı ist im II. Abschnitte bereits das Nöthige mitgetheilt worden. r ausgehobenen Erde kann man die Zusammensetzung des s in den verschiedenen Tiefen sicher erkennen, die Festigkeit blagerung desselben wird jedoch durch das in das Bohrloch gende Wasser oft wesentlich verändert. Der Sand wird vollständig aufgelockert, so dafs er Triebsand zu sein scheint, de Tragfähigkeit mangelt, während er in der That fest ab- rt war, und nur durch das von unten in die Bohrröhre ein- nde Wasser gehoben wurde. Indem bei Untersuchungen Art die Tiefen, bis zu welchen man hinabgehen mufs, ge- n nicht bedeutend sind, so kann man durch stumpfe eiserne n, die man in das Bohrloch stöfst, von der Festigkeit der chen Lagerung des Sandes sich schon meist ein ziemlich s Urtheil bilden.

uweilen ergiebt sich aus den Bohrversuchen, dafs bis zu · Tiefe der Boden aus einer zähen und dickflüssigen Masse t. Oft ist dieselbe aus mehr oder weniger zersetzten orga- n Substanzen gebildet, denen Thon beigemengt ist. Gewifs sehr bedenklich, hierauf ein schweres Gebäude zu stellen. ı sich in einer noch erreichbaren Tiefe ein fester Untergrund, st sich mittelst des Pfahlrostes der Druck auf diesen über- ı. In vielen Fällen gewinnt der Pfahlrost aber auch schon öthige Tragfähigkeit in dem weichen Boden. Letzterer wird ch durch die eingetriebenen Pfähle comprimirt, und übt gegen eine bedeutende Reibung aus. In solcher Weise sind die e, so lange sie nicht zu stark belastet werden, gegen ein tie- Einsinken sicher gestellt. Die Festigkeit der Pfahlroste in Niederlanden beruht gemeinhin allein auf dieser Reibung, da

V. Fundirungen.

Wo gemeinen viel wirksamer sind, als in gröſserer Tiefe, so muſ
Bau soweit herabgeführt werden, bis die Erd-Schichten die nö
Tragfähigkeit besitzen und dauernd behalten. Diesen Thei
Bauwerkes, der in solcher Absicht unter die Oberfläche des r
lichen Bodens herabreicht, nennt man die Fundirung oder
Grundbau.

Wo festes und zusammenhängendes Gestein zu Tage
bedarf es unter gewöhnlichen Verhältnissen keiner Fundirung
selbst einen schweren Bau darauf zu stellen, weil der Boden b
die erwähnten Eigenschaften des künstlichen Mauerwerks be
Es kommt also nur darauf an, ihn mit diesem so innig zu
binden, daſs er eine Fortsetzung desselben bildet. Dabei muſs
aber auch dafür sorgen, daſs ein Abgleiten verhindert wird.

Bei andern Bodenarten muſs dagegen der Bau tiefer h
geführt werden, und wenigstens so tief, daſs man ihn jenen a
sphärischen Einwirkungen entzieht. In unserm Klima pflegt
Frost nicht tiefer, als etwa 4 Fuſs in den Grund einzudri
auch verschwinden alsdann die auffallenden Aenderungen des F
tigkeits-Zustandes, wenn nicht etwa Quellen sich in der Näh
finden. Dieses Maaſs bezeichnet also unter günstigen Umstä
und wenn nicht etwa andre Rücksichten, wie Kelleranlagen
weiteres Herabgehn fordern, die Tiefe der Fundirung.

Der aufgeschwemmte Boden besitzt jedoch häufig in den
Lagen noch nicht die nöthige Tragfähigkeit, um einen schw
Bau sicher zu unterstützen. Bei gleichmäſsiger Beschaffenhei
Bodens vermindert sich dieser Mangel bei zunehmender Tiefe.
theils zur Seite ein stärkerer Gegendruck sich bildet, theils
auch die unter der Fundirung liegende Schicht nicht so leicht,
in der Nähe der Oberfläche seitwärts ausweichen kann. Aus
sem Grunde muſs man im Allgemeinen um so weiter herab
je schwerer das Gebäude ist. Die gröſsere Tiefe des Fundam
giebt auſserdem noch Gelegenheit, die Basis desselben stufenfö
zu verbreiten und dadurch den Druck auf eine gröſsere Fläch
vertheilen, oder den natürlichen Boden verhältniſsmäſsig we
zu belasten.

In dem Falle, daſs verschiedenartige Erdschichten über
ander lagern, kann es leicht geschehn, daſs die obere feste Sch
das Gebäude zu tragen im Stande ist, auch vermöge ihres inn

mmenhanges jede Bewegung und jedes Ausweichen der darunter lichen loseren Masse verhindert, dafs jedoch der Bau in die re einsinkt, sobald man die Fundirung tiefer herabführt und feste Schicht ganz oder theilweise durchschneidet. Um in er Beziehung sich zu sichern, mufs man durch Aufbohren Grundes dessen Beschaffenheit bis zu gröfserer Tiefe genau rsuchen, und zwar ist dieses in allen Fällen nothwendig, wenn rere Gebäude an Stellen errichtet werden sollen, woselbst die gfähigkeit des Bodens noch nicht durch das Verhalten andrer cher Gebäude erprobt ist. Ueber die Ausführung dieser Bohn ist im II. Abschnitte bereits das Nöthige mitgetheilt worden. der ausgehobenen Erde kann man die Zusammensetzung des ens in den verschiedenen Tiefen sicher erkennen, die Festigkeit Ablagerung desselben wird jedoch durch das in das Bohrloch ringende Wasser oft wesentlich verändert. Der Sand wird g vollständig aufgelockert, so dafs er Triebsand zu sein scheint, jede Tragfähigkeit mangelt, während er in der That fest abgert war, und nur durch das von unten in die Bohrröhre eingende Wasser gehoben wurde. Indem bei Untersuchungen er Art die Tiefen, bis zu welchen man hinabgehen mufs, gemeinhin nicht bedeutend sind, so kann man durch stumpfe eiserne ngen, die man in das Bohrloch stöfst, von der Festigkeit der türlichen Lagerung des Sandes sich schon meist ein ziemlich heres Urtheil bilden.

Zuweilen ergiebt sich aus den Bohrversuchen, dafs bis zu fser Tiefe der Boden aus einer zähen und dickflüssigen Masse teht. Oft ist dieselbe aus mehr oder weniger zersetzten organischen Substanzen gebildet, denen Thon beigemengt ist. Gewifs es sehr bedenklich, hierauf ein schweres Gebäude zu stellen. findet sich in einer noch erreichbaren Tiefe ein fester Untergrund, läfst sich mittelst des Pfahlrostes der Druck auf diesen übergen. In vielen Fällen gewinnt der Pfahlrost aber auch schon nöthige Tragfähigkeit in dem weichen Boden. Letzterer wird mlich durch die eingetriebenen Pfähle comprimirt, und übt gegen ne eine bedeutende Reibung aus. In solcher Weise sind die hle, so lange sie nicht zu stark belastet werden, gegen ein tiefres Einsinken sicher gestellt. Die Festigkeit der Pfahlroste in n Niederlanden beruht gemeinhin allein auf dieser Reibung, da

man aus dem starken Eindringen der Pfähle, wenn sie auch beabsichtigte Tiefe nahe erreicht haben, sicher entnehmen k dafs sie in keine an sich tragfähige Erdschicht eingedrungen s

Sollte der Boden so stark mit Wasser durchzogen sein, selbst durch eine grofse Anzahl von Pfählen, weder die n Verdichtung, noch eine hinreichende Reibung sich darstellen und festere Schichten nur in einer nicht erreichbaren Tiefe kommen, so könnte man daran denken, noch einen schweren dadurch sicher zu fundiren, wenn man ihn theilweise in der Art senkt, dafs er förmlich schwimmt. Das ganze Gewicht des darf alsdann aber nicht gröfser sein, als die ausgehobene Er masse, die früher seine Stelle einnahm. Bei manchen Arten Bauwerken läfst sich diese Bedingung leicht erfüllen. — So z. B. eine Entwässerungsschleuse, deren Mauern sich nicht den Boden erheben, so eingerichtet werden, dafs sie den G auf dem sie erbaut wird, durchschnittlich nicht stärker belastet er früher durch die daraufliegende Erde gedrückt wurde. E können Souterrains, die man unter Wohn- und andern Geb anbringt und die man wasserfrei erhält, auch den Druck vermi Bei hohen und massiven Gebäuden läfst sich indessen in d Weise der Druck nie vollständig aufheben. Es ist auch nicht kannt, dafs man jemals von diesem hydrostatischen Princip s ständig Gebrauch gemacht hat, nur bei Erbauung der Albion-Mü in London hat Rennie zum Theil diese Idee verfolgt. Far beschreibt die hier gewählte Fundirungsart mit folgenden Worte

„Das Gebäude der Albion-Mühlen hat man auf den losen schüttungen am Stirnpfeiler der Blackfriars-Brücke erbaut, und theils die Mauern zu sichern und theils mit dem Fundamente gar zu tief herabgehn zu dürfen, so entwarf Rennie den Plan, ganze Gebäude auf umgekehrte Gewölbe zu stellen. Zu di Zwecke wurde der Grund unter den Mauern so befestigt, wie d auch sonst üblich ist. Wo es nöthig war, schlug man Pfähle oder legte einige Schichten von recht grofsen und flachen Ste aus, und bildete so die Fundamente. Damit dieselben durch Belastung jedoch nicht in die lose Erde einsinken möchten, w alle Räume dazwischen mit starken umgekehrten Gewölben ver

*) *Treatise on the Steam Engine by J. Farey.*

sich unter der ganzen Fläche des Gebäudes zwischen allen
ern hinzogen. Diese Gewölbe hatten ihre Widerlager in den
damenten der Mauern, und letztere konnten nicht sinken, ohne
die Gewölbe sich in gleichem Maafse in den Grund eindrückten.
wurden die sämmtlichen Fundirungen mit einander verbunden,
bildeten eine so grofse Basis, dafs sie selbst in dem Falle das
wicht des ganzen Gebäudes hätten tragen können, wenn auch
Grund aus Schlamm bestanden hätte, denn das Gebäude mufste
wimmen, wie ein Schiff im Wasser schwimmt. Welche Sen-
aber auch eingetreten wäre, so hätte daran das ganze Gebäude
hmäfsig Theil nehmen müssen, und ein Ausweichen oder Ein-
en einzelner Mauern war unmöglich. Der Grund hatte indessen
einige Festigkeit, und durch die erwähnte Ausdehnung der
nden Fläche wurde der ganze Bau so gesichert, dafs er sich
nicht gesenkt hat."

Hiermit stimmt gewissermaafsen das Verfahren überein, welches
beim Stollenbau im leichten Boden anwendet. Der schlammige
grund pflegt nämlich unter dem Gewichte der Seitenmauern
chen denselben, wo er keinen Gegendruck erfährt, aufzuquellen,
den Stollen mehr oder weniger auszufüllen. Man begegnet
em Uebelstande wieder durch ein umgekehrtes Gewölbe, das
am Boden anbringt. Diese Methode wird gegenwärtig bei
unterirdischen Canalstrecken und Tunnelirungen angewendet,
oft der Boden nicht aus festem Gestein besteht.

Gewifs ist die Frage von grofser Wichtigkeit, in welcher
fe bei gleichmäfsigem Boden eine gegebene Grundfläche die
hige Unterstützung findet, um eine gegebene Last zu tragen.
hatte hierüber und zwar sowohl für Sand- als für Thonschüt-
en schon in der ersten Ausgabe dieses Werkes (1841) einige
obachtungen mitgetheilt, und war zu dem Resultate gekommen,
die Belastung im Sande dem Quadrate der Einsenkung, im
one dagegen der Einsenkung selbst proportional sei. Aufserdem
e ich auch bemerkt, dafs im Sande die Einsenkung momentan
ständig eintritt, während sie im Thon nur nach und nach
lgt. Bei Wiederholung dieser Beobachtungen und zwar in
erer Ausdehnung bestätigten sich zwar im Allgemeinen die er-
nten Resultate, es zeigten sich dabei jedoch manche Eigenthüm-
keiten, welche nicht unwichtig sind. Ohne die einzelnen Mes-

sungen vollständig mitzutheilen, mögen nachstehend die
hergeleiteten Schlufsfolgen, so wie die wichtigsten dabei
nommenen Erscheinungen zusammengestellt werden.

In einem Blechcylinder wurden die verschiedenen Ablag
gebildet, deren Tragfähigkeit untersucht werden sollte. Ei
ständige Gleichmäfsigkeit liefs sich dabei aber ohnerachtet
Vorsicht nicht erreichen und dieses war der Grund, weshal
Wiederholung derselben Beobachtungen die Resultate oft m
verschieden waren.

Die Beobachtungen wurden in der Art angestellt, da
Cylinder mit glatter Seitenfläche, der also möglichst wenig R
veranlafste, nach dem Lothe und in sicherer Führung auf die
tung sanft aufgestellt wurde. Dieser Cylinder war oben mit
Scheibe versehn, worauf nach und nach gröfsere Gewichte
wurden. Bei dieser zunehmenden Belastung mufste jedoch
Erschütterung vermieden, und daher jedesmal der Cylinder
weitig gestützt und später vorsichtig gelöst werden. An dem
linder befand sich eine scharfe Marke, welche gegen einen
Maafsstab die jedesmalige Einsenkung sicher erkennen liefs.
solcher Cylinder wurden benutzt, von denen der eine 3,5 und
andre 5,4 Linien im Durchmesser hielt. Die horizontal abgeschl
tenen Grundflächen derselben maafsen also 0,0669 und 0,1
Quadratzoll, oder verhielten sich zu einander nahe wie 8 zu
Die Cylinder mit den zugehörigen Scheiben wogen 3,80 und 20,
Loth. Es mag gleich bemerkt werden, dafs die mit beiden an
stellten Messungen in den meisten Fällen mit grofser Wahrsch
lichkeit herausstellten, die Einsenkungen seien dieselben, wenn
Brutto-Gewichte den benannten Grundflächen proportional wa
Hiernach konnte das Gewicht berechnet werden, welches ei
Cylinder, dessen Basis 1 Quadratzoll mifst, in den verschiede
Schüttungen bis zu gewisser Tiefe eindringen läfst.

Nachdem in jedem einzelnen Falle sechs bis zehn Einsenkun
unter verschiedenen Belastungen beobachtet waren, untersuchte
zunächst, ob das Gewicht der ersten oder der zweiten Potenz
Einsenkung proportional sei, indem ich unter beiden Voraussetzun
die wahrscheinlichsten Werthe der constanten Factoren bestimm
und nach Einführung derselben die Summen der Quadrate von d
übrigbleibenden Fehlern mit einander verglich. Bei allen San

[illegible]ttungen, sowohl den festeren, als den losen, und eben so- [illegible]l bei trocknen, wie bei feuchten und nassen ergab sich, dafs [illegible]e Summe unter Einführung des Quadrates der Einsenkung [illegible]l geringer blieb, als wenn die erste Potenz gewählt war. Nur [illegible] einer einzigen unter den zahlreichen Beobachtungsreihen mit [illegible]s abgelagertem feuchten Sande stellte sich das Gegentheil heraus, [illegible]r gerade bei dieser Bodenart zeigten sich die gröfsten und zwar [illegible]st auffallende Abweichungen, die ohne Zweifel davon herrührten, [illegible]fs die Ablagerung sich nicht gleichmäfsig darstellen liefs, wenn [illegible]uf auch die möglichste Sorgfalt verwendet wurde. Bei dem [illegible]onboden, und zwar ebensowohl, wenn er mit mehr oder mit [illegible]iger Wasser vermengt war, wurden die Fehlerquadrate dagegen [illegible]l kleiner, wenn ich die Gewichte der ersten Potenz der Ein- [illegible]kung proportional setzte. Hierbei trat überdies noch der we- [illegible]tliche Unterschied gegen die Erscheinung im Sandboden ein, [illegible]fs die Cylinder nach und nach tiefer einsanken, bis sie nach 20 [illegible] 30 Minuten eine sichere Unterstützung gefunden hatten und [illegible]ine weitere Bewegung bemerken liefsen. Die Einsenkungen [illegible]rden nach Verlauf dieser Zwischenzeiten gemessen. Bei Sand- [illegible]schüttungen konnten die Beobachtungen dagegen sogleich angestellt [illegible]rden, weil die Cylinder momentan bis zur erforderlichen Tiefe [illegible]indrangen und ohne äufsere Veranlassung später sich nicht weiter [illegible]nkten.

Bei der Vergleichung der einzelnen Beobachtungen jeder Reihe [illegible]it den bezeichneten einfachen Ausdrücken ergab sich indessen, [illegible]fs letztere nicht passend gewählt seien, weil jedesmal die Ge- [illegible]richte, die den kleinsten Einsenkungen entsprachen, bedeutend [illegible]röfser waren, als sie nach der Rechnung sein sollten. Die Ueber- [illegible]einstimmung wurde viel vollständiger, sobald ich noch ein constantes Glied einführte. Dasselbe entspricht ungefähr demjenigen Widerstande, den man in der Maschinenlehre Reibung nach der Ruhe zu nennen pflegt, und es erklärt sich dadurch, dafs ein gewisser Druck erforderlich ist, bevor überhaupt eine Bewegung eintritt und dafs letztere durch den Ueberschufs des ganzen Druckes über diesen bedingt wird. Auch bei Thonablagerungen wurde durch ein solches constantes Glied eine bedeutend gröfsere Uebereinstimmung der einzelnen Beobachtungen erreicht.

Augenscheinlich liefs die Uebereinstimmung sich noch vermeh-

ren, wenn dem Ausdrucke drei Glieder gegeben wurden, al
aufser diesem constanten eines, welches die erste und ein an
welches die zweite Potenz der Einsenkung zum Factor hatte,
wenn die Form

$$\gamma = r + ss + ts^2$$

gewählt wurde, wo γ die Brutto-Last, s die Einsenkung bei
während r, s und t die jedesmal zu bestimmenden Constanten
Dieser Ausdruck schien sich auch insofern zu rechtfertigen
man vermuthen durfte, dafs die Widerstände, welche beim
vorwiegend der zweiten, und beim Thon vorwiegend der
Potenz der Einsenkung proportional sind, jedesmal oder do
gewissen Fällen vereinigt vorkommen. Diese Voraussetzung
sich indessen als irrig, da in den ausgedehntesten und sich
Beobachtungsreihen, für die ich die Werthe der drei Cons
methodisch berechnete, eine oder die andere derselben sich i
meisten Fällen als negativ ergab, was an sich unmöglich ist
blieb daher bei den einfachen Formen

$$\gamma = r + s^2 t$$

oder $\gamma = r + ss$

und gelangte dadurch zu den nachstehenden Resultaten.

Was die Sandschüttungen betrifft, so war das M
dasselbe, welches ich zu den Beobachtungen über die Filt
(§. 20) benutzt hatte. Der Sand war, wie oben erwähnt, du
frei von jeder fremden Beimengung und bestand aus sehr gl
Körnchen, die durchschnittlich 0,13 Linien im Durchmesser h

Das specifische Gewicht der Sandkörnchen fand ich
2,64. Bei möglichst vorsichtiger Einschüttung in ein cylindr
Gefäfs, wobei der trockne Sand in feinem Strahle immer nu
nige Linien tief herabfiel, und jede Erschütterung vermieden
füllte die Masse nur 0,604 des Raumes an. Wenn der San
gegen schichtenweise angestampft wurde, so nahm er 0,64
ganzen Raumes ein. Diese beiden Grenzen wurden, sobald W
hinzu kam, merklich überschritten. Durch Einschütten des S
in Wasser, wobei die Körnchen einzeln und zwar sehr sanft n
sanken, also Triebsand bildeten, füllte ein Volum, das in com
Masse nur 0,574 des ganzen Raumes einnahm, den letzteren
ständig an, wenn ich dagegen dem Sande so wenig Wasser zu
dafs er nur schwach befeuchtet war, und in diesem Zustand

stenweise anstampfte, so maafs sein Volum 0,647 des ganzen *).

Diese verschiedenen Ablagerungen, sowohl des trocknen, wie feuchten und nassen Sandes wurden möglichst gleichmäfsig in cylindrischen Gefäfse von 6 Zoll Weite und 8 Zoll Höhe dargestellt. In dem Boden desselben befand sich eine verschliefsbare nung, an welche auch ein Gummischlauch befestigt werden te, um zur Darstellung des Triebsandes das Wasser von unten zwar unter beliebigem Drucke eindringen zu lassen.

In der folgenden Zusammenstellung sind die Mittelwerthe der tungen auf 1 Quadratzoll Grundfläche und zwar in Pfunden drückt, mit γ, die Einsenkungen ε dagegen in Zollen bezeichnet.

Trockner Sand war möglichst lose in das Gefäfs getet, also unter Anwendung der vorhin erwähnten Vorsicht

$$\gamma = 2{,}0 + 3{,}2 \,.\, \varepsilon^2.$$

Bei trocknem Sande, der fest gestampft und durch lange gesetztes Einstofsen eines Drahtes möglichst dicht abgelagert r, fand ich

$$\gamma = 1{,}1 + 6{,}1 \,.\, \varepsilon^2.$$

fs das erste Glied, welches von wenig Bedeutung ist, bei der ten Schüttung einen geringeren Werth hat, als bei der losen, rt augenscheinlich nur von der Unsicherheit der Beobachtungen r. Man dürfte vermuthen, dafs diese Constante in beiden Fällen ich grofs ist, da die Oberfläche des trocknen Sandes sich übermpt nicht befestigen läfst.

Indem ich in die Schüttung des trocknen Sandes Wasser von ten eintreten liefs, und dieses mit einer Druckhöhe wirkte, le sich etwa 1 Zoll über die Oberfläche des Sandes erhob, so oll der Sand schon stellenweise hoch auf und verlor alle Festigit. Wenn dagegen die Druckhöhe nur einige Linien betrug, so t solche Bewegung nicht merklich ein und ich konnte das Wasser ngere Zeit hindurch von unten nach oben durchfliefsen lassen,

*) Wenn diese Zahlen-Verhältnisse von den in §. 7 angegebenen zum Theil abweichen, so rührt dieses davon her, dafs der früher untersuchte Sand, der vom Strande selbst entnommen war, aus Körnchen von sehr verschiedener Gröfse bestand.

indem es über den Rand des vollständig gefüllten Gefäfses
Für diesen Fall ergab sich durchschnittlich

$$\gamma = 2{,}0 + 4{,}4 \,.\, s^2.$$

Wenn andrerseits das Wasser in entgegengesetzter R
also von oben nach unten den Sand durchströmt hatte,
der letztere eine viel gröfsere Tragfähigkeit, und nach
Versuchsreihen ergab sich durchschnittlich

$$\gamma = 14{,}6 + 12{,}4 \,.\, s^2.$$

Die Festigkeit der Ablagerung liefs sich wesentlich
durch verstärken, dafs der Sand in feuchtem Zustande eing
und in dünnen Lagen angestampft wurde. Er lagerte sich
so dicht, dafs das darauf gegossene Wasser nur sehr langs
drang und nur tropfenweise durch die untere Oeffnung
dabei lockerten sich indessen die oberen Schichten wiede
auf. Bei Prüfung des festgestampften feuchten S
dem kein Wasser später zugesetzt war, fand ich

$$\gamma = 12{,}7 + 62{,}3 \,.\, s^2.$$

Hierauf untersuchte ich braunen plastischen Th
solcher zur Fabrikation feiner Thonwaaren zubereitet w
specifische Gewicht desselben in trocknem Zustande, also
er einige Stunden hindurch der Siedehitze ausgesetzt
fand ich gleich 2,26. Ich setzte ihm zunächst so wenig
zu, dafs er so eben nur noch plastisch blieb, das heifst I
änderungen annahm, ohne zu reifsen. Der Wassergehal
alsdann 0,249 der ganzen Masse. Ich füllte hiermit wieder s
weise das bereits beschriebene Gefäfs an, indem ich d
drücken der jedesmal aufgelegten Masse die etwa gebildete
Räume zu beseitigen mich bemühte. Wenn alsdann einer
andere mit mäfsigen Gewichten beschwerte Cylinder a
wurde, so schien derselbe zunächst gar keinen Eindruck zu
doch sank er nach und nach tiefer ein, bis etwa nach eine
Stunde die Bewegung ganz aufhörte, oder wenigstens un
geringe wurde. Es gab sich also wieder die auffallende
denheit gegen die mit Sand angestellten Messungen zu erk
welchen das Gleichgewicht momentan eintrat.

Eine zweite eben so auffallende Verschiedenheit zei
Reihen der mit denselben Cylindern gemachten Beobac
indem nach und nach gröfsere Gewichte aufgelegt wurd

[illegible]chte waren nämlich, abgesehn von dem constanten Theile [illegible]lben, der die erste Bewegung veranlafste, nicht mehr dem [illegible]rate der Einsenkung, sondern deren erster Potenz proportional. [illegible] Die Mittelwerthe mehrerer Reihen von Beobachtungen mit dem [illegible]ren Cylinder ergaben

$$\gamma = 17{,}9 + 11{,}1 \,.\, \varepsilon.$$

[illegible] Die Summe der Quadrate der übrig bleibenden Fehler betrug [illegible]dann 17,3 während diese Summe sich auf 2600 stellte, wenn ich [illegible] der zweiten Potenz einführte. Die mit dem stärkeren Cylinder [illegible]stellten Versuchsreihen ergaben dagegen die wahrscheinlichsten [illegible]the der Constanten unter Berücksichtigung der ersten Potenz [illegible] Geschwindigkeit und zwar wieder auf die Grundfläche von [illegible]adratzoll reducirt

$$\gamma = 30{,}1 + 23{,}7 \,.\, \varepsilon.$$

[illegible] Summe der Fehlerquadrate stellte sich auf 18,4 während die[illegible]e bei Einführung von ε^2, 6700 betrug.

Hiernach leidet es keinen Zweifel, dafs selbst bei diesem sehr [illegible]ifen Thone das Verhalten sich dem der Flüssigkeiten anschliefst, [illegible]l die Tiefe der Einsenkung, also das Volum der verdrängten [illegible]sse, dem Drucke annähernd proportional ist.

[illegible] Die Vergleichung dieser beiden Resultate läfst indessen noch [illegible]en andern sehr wesentlichen Unterschied gegen die mit dem [illegible]nde angestellten Beobachtungen erkennen. Bei Reduction der [illegible]ewichte auf die Einheit der drückenden Bodenfläche zeigt sich [illegible]nlich, dafs die Einsenkungen keineswegs gleich sind, vielmehr [illegible]i gleichem Drucke der Coefficient der Einsenkung ungefähr der [illegible]ndehnung dieser Fläche proportional ist. Annähernd findet [illegible]asselbe auch bei dem ersten, oder dem constanten Gliede statt. [illegible]s würde sich daraus ergeben, dafs für verschiedene drückende [illegible]Flächen die Einsenkungen den Quadraten dieser Flächen oder den [illegible]vierten Potenzen ihrer Durchmesser umgekehrt proportional sind. [illegible]Dieses Resultat stellt sich auch nicht als unwahrscheinlich heraus, [illegible]insofern die verdrängten Theilchen der steifen Masse um so schwie[illegible]riger der drückenden Fläche ausweichen können, je weiter der Weg [illegible]ist, den sie seitwärts machen müssen.

Schliefslich stellte ich aus demselben Thon noch einen dicken Brei dar, welcher ungefähr diejenige Consistenz hatte, welche der Töpfer beim Setzen der Oefen dem Thone giebt. Der Wasser-

gehalt betrug in diesem Falle 0,306 der ganzen Masse. Cylinder ergaben, wenn ich den Druck auf die Fläche von dratzoll reducirte, ungefähr gleiche Resultate, nämlich

$$\gamma = 2{,}21 + 2{,}31 \cdot z.$$

Der Versuch, die zweite Potenz der Einsenkung einzuführen, die Beobachtungen viel weniger dar, und zwar betrugen die S der Quadrate der übrig bleibenden Fehler ungefähr das D fache der Summen, die sich aus der ersten Annahme ergab

Bei diesen Beobachtungen zeigten sich noch andre E nungen, welche über die Art des Ausweichens des unter dem Cylinder einigen Aufschluſs geben. In den m lose aufgeschütteten trocknen Sand drangen die Cylinder ein daſs irgend eine Erhebung der Oberfläche umher bemerkt konnte. Es bildete sich vielmehr eine trichterförmige Vertief neben, die Cylinder führten also, obwohl beide glatt um waren, den sie zunächst berührenden Sand mit herab, und die an der Basis verdrängte Masse, wie der Inhalt des Trichters, drängten sich nur in die Zwischenräume der Schüttung und verdichteten dieselbe.

War der trockne Sand dagegen schichtenweise fest ange so erschien zwar wieder eine solche conische Höhlung, jed geringerer Ausdehnung und ein schwaches Aufsteigen der Ob war bemerkbar.

Im fest abgelagerten feuchten Sande, der also nur wenig war, entstand dagegen rings um den Cylinder eine stark und in einiger Entfernung schwoll die Oberfläche etwas auf

War das Wasser von unten nach oben durch den Sa durchgedrungen, so gab sich die dichtere Ablagerung der nur dadurch zu erkennen, daſs die Oberfläche sich mit Wa deckte, eine Erhebung derselben war aber nicht zu bemerk

Bei den Thonschüttungen trat dagegen das Ansteigen de fläche sehr deutlich hervor, und zwar erhob sich bei dem Thone die Masse in der Nähe des Cylinders besonder während bei dem steiferen Brei die Anschwellung sich mel die ganze Oberfläche verbreitete und daher weniger auffallen

Aehnliche Messungen über die Tragfähigkeit des Bo gröſserem Maaſsstabe sind nicht bekannt geworden. Die mung der Tiefe der Fundirung, wie die der Ausdehnung

in Fläche pflegt daher ziemlich willkührlich zu erfolgen. Ob mal das richtige Maafs getroffen wird, dürfte zweifelhaft sein. in den nicht seltenen Fällen, dafs Senkungen eintreten, stellt sich heraus, dafs man für die Sicherheit nicht genügend gesorgt es bleibt aber ungewifs, ob man nicht vielfach ohne Grund Fundirungen zu weit ausdehnt, und dadurch unnöthiger Weise Kosten vergröfsert.

Wie sich aus vorstehenden Beobachtungen ergiebt, stellt sich weichem Boden, der an einer Stelle stark belastet wird, das chgewicht dadurch her, dafs zur Seite Erhebungen eintreten. Gebäuden, für deren Sicherung man zu sorgen pflegt, tritt dieser nicht leicht ein, wohl aber bei hohen Dammschüttungen, die Sümpfe und Wiesen mit weichem Untergrunde geführt wer- In stark durchnäfstem Thon, und so auch in vegetabilischer e, wenn sie stark mit Wasser durchzogen ist, pflegen Dämme t nur zu versinken, sondern daneben entstehn Anschwellun- , die zuweilen den Damm überragen. Dabei nimmt aber das gebende Terrain eine merkliche Seitenbewegung an, die sich entlich dadurch zu erkennen giebt, dafs Seitengräben in der he zugeschoben werden, indem die nächsten Ufer derselben weiter ckweichen, als die gegenseitigen. Bei Ausführung der Bahn n Nantes nach Lorient und Brest mufste eine Niederung durch- ut werden, die auf 60 Fufs Tiefe mit weichem Schlamm gefüllt r. Die aufgebrachte Erde versank nicht nur, sondern bei fort- setzter Schüttung erhob sich im Abstande von 100 bis 200 Fufs r Boden sogar bis gegen 30 Fufs über sein früheres Niveau. hnliche Erscheinungen, wenn auch in geringerer Ausdehnung, iederholen sich vielfach bei der Ausführung von Eisenbahndämmen. o hob sich der Thonboden in solchem Falle bei Oldesloe neben r Bahn zwischen Hamburg und Lübeck weit über die Damm- hüttung, und indem seine obern Schichten weniger feucht waren, o erschienen die abgebrochenen Massen wie mächtige Felsblöcke, ie in langer Reihe aus dem Boden emporgestiegen waren.

Solche Bewegungen sind besonders bei Brücken und Durch- lässen, die immer an den niedrigsten Stellen erbaut werden, höchst edenklich. Dem Zusammenschieben der Stirnpfeiler kann man war durch gegenseitige Verstrebung oder durch eingespannte Ge- wölbe begegnen, aber häufig tritt dabei noch eine Seitenbewegung

V. Fundirungen.

die Stirnpfeiler zerrissen werden. Namentlich gen
die Fundirung auf Pfahlrosten gewählt und di
bindung des Rostes in der Längenrichtung des M
gesorgt ist. Die Erde zwischen den Pfählen
Folge der starken Belastung, eben so, wie die
lagernde, seitwärts gedrängt, und da die Pfähle,
tieferes Eindringen gesichert, doch keinen festen
werden sie theils nach der einen und theils nach d
Seite gedrängt. Der Rost zerreifst und es öffnet sic
durch das Gewölbe, welches die beiden Stirnpfeil
Ereignisse dieser Art sind keineswegs selten, an
sah ich solche Brüche in dem Durchlasse unter der
Umwallung ohnfern Feucht bei Nürnberg, welche den La
zeigt, und wo man die beiderseitigen Stirnmauern
Anker von etwa 200 Fufs Länge gegen weiteres Aus
mufste.

Um in solchem Falle eine zu starke Verbreitung der
Erdmasse zu verhindern, hat man verschiedene
Maafsregeln versucht. Am erfolgreichsten wäre ge
mirung des Bodens, doch ist solche wegen der niedrig
unausführbar. Der Versuch, das Terrain an beide
zwar bis zu gröfserer Tiefe durch Comprimirung zu be
man etwa Gräben aushebt und diese mit Steinen an
wegen der grofsen Kosten gemeinhin unausführbar.
bleibt aber auch ungewifs, wenn die Belastung nicht
dafs bis zu grofser Tiefe die Compression eintritt. An
Stellen, wie etwa neben Brücken und Durchlässen, hat
zur Seite, die starke Widerlager bilden, in viele
Bewegungen Einhalt gethan; gemeinhin bleibt aber nu
Nachhülfungen so lange fortzusetzen, bis endlich das fern
aufhört, doch darf man in dieser Beziehung das Gleich
sich einige Zeit hindurch einstellt, nicht als vollstä
ansehen, da vielfach die Bewegungen wieder später
Beispiele giebt, dafs nach Zwischenräumen, die D
die Dämme wieder versinken. So erzählt Tetens
angeführte Seedeich vor der Wilster-Marsch b

in die Marschländer an der Nordsee. Leipzig 1788.

mmenen Erhöhung um das Jahr 1780 plötzlich um 14 Fuſs
k, und dieselbe Erscheinung wiederholte sich nach einem
nraume von 86 Jahren vor Kurzem aufs Neue.

dem der Untergrund keineswegs immer von gleichmäſsiger
ffenheit ist, so geschieht es nicht selten, daſs die obern Schich-
e gewisse Festigkeit besitzen, welche den darunter befind-
fehlt. Der Boden ist alsdann im Stande, mäſsige Lasten zu
, doch hört seine Widerstandsfähigkeit auf, sobald er einem
en Drucke ausgesetzt wird. Bei Ausführung der Oester-
chen südlichen Bahn muſste das Laibacher Moor durch eine
chüttung überbaut werden. Dem seitlichen Ausweichen des
suchte man durch Steinschüttungen zu begegnen und man
die Tragfähigkeit der dazwischen befindlichen weichen Masse,
man einen Pfahl, dessen stumpf abgeschnittene Grundfläche
dratfuſs maaſs, darauf stellte und durch eine Führung dafür
, daſs er nur lothrecht herabsinken konnte. Indem man
lben mit 25 Centnern belastet hatte, hörte seine Einsenkung
sobald man dagegen noch 10 Centner aufbrachte, versank er
ndig im Moore.

Es ergiebt sich hieraus, wie wichtig es ist, vor der Ausführung
Baues, die Beschaffenheit des Untergrundes durch hinreichend
ausgedehnte Bohrungen genau zu ermitteln, und dabei nicht
chtet zu lassen, daſs die mit dem Bohrer ausgehobene Masse
starkem Zudrange von Wasser oft eine ganz andre Consistenz
, als der Boden im natürlichen Zustande hatte.

Wenn man von künstlichen Fundirungen absieht, also die
dament-Mauern unmittelbar auf den gewachsenen Boden stellen
, so läſst sich diejenige Tiefe, welche volle Sicherheit bietet,
ch nicht erreichen, weil theils die Kosten für die Erdarbeiten
Fundamentmauern zu bedeutend ausfallen, theils aber auch
so starker Wasserzudrang zu befürchten ist, daſs die Arbeit
rch aufs Neue vertheuert oder wohl gar unmöglich wird. In
em Falle bietet sich zunächst das Mittel dar, daſs man die
agende Fläche des Fundaments vergröſsert. Nach Maaſs-
e dieser Vergröſserung müssen beim Nachsinken um so mehr
d- oder Sandtheilchen verdrängt werden, und die doppelt so
oſse Fläche kann unter übrigens gleichen Umständen auch das
ppelte Gewicht tragen. Dazu kommt noch, daſs der Weg, den

die einzelnen Erdtheilchen beim Ausweichen zurücklege durch die Vergrößerung der tragenden Fläche verlängert die Tragfähigkeit des Fundaments gewinnt durch die V desselben noch mehr, wenigstens ist dieses zu erwarten, Erdtheilchen eine merkliche Reibung gegen einander Gewissermafsen wird die Verbreitung des Fundaments mal eingeführt, indem man die Mauern mit Banket Auch manche andre künstliche Fundirungsarten bezwe dasselbe, wie der liegende Rost und die Sandschüttung später die Rede sein wird.

Demnächst trifft es sich zuweilen, dafs die Erdschic nicht die nöthige Festigkeit besitzt, sich nur etwa 10. Fufs tief erstreckt und hier auf Felsboden oder doch festeren Schicht lagert. In solchem Falle kann man di Gebäudes durch eingerammte Pfähle auf den festen übertragen und dieses ist der eigentliche Zweck des Pfa Perronet, dem wir die wichtigsten Belehrungen über pfähle und über das Einrammen derselben verdanken, drücklich die Regel auf, dafs die Pfähle immer bis zum Fels herabgetrieben werden müssen *). Dabei hat Perro nur eine gewisse Localität vor Augen gehabt, wie sol Frankreich oft vorfinden mag, nichts desto weniger auf erkennen, dafs der Pfahlrost die volle Sicherheit nur bi er eine feste Schicht in der Tiefe erreicht.

Der Pfahlrost wird indessen auch häufig angewen diese Bedingung nicht stattfindet und der Boden in der Tiefe unverändert dieselbe geringe Festigkeit beibehält, d hat. In diesem Falle erreicht man noch denselben Vort chen die Tieferlegung des Fundaments gleichfalls h würde, man vertheilt den Druck auf die sämmtlichen welche von den Pfählen durchdrungen sind, weil übera Reibung gegen den Pfahl wirksam ist, ein Theil des Dru tragen wird. Auch diese Anwendung des Pfahlrostes Umständen angemessen, man darf jedoch nicht unbeach dafs der Vortheil dabei zuweilen so geringe ausfällt, d

*) *Mémoire sur les pieux et pilotis* in dem grofsen Werke *des Ponts de Neuilly etc. par Perronet.* Paris 1788. pag. 588.

bedeutenden Kosten, die mit dieser Fundirungsart verbunden sicht aufwiegt. Dabei treten zuweilen noch unerwartete und störende Erscheinungen ein. Man hat zuweilen Baugruben oben, worin wegen des zähen Thones der Wasserzudrang bedeutend war, dafs eine Handpumpe zur Wasserwältigung s, sobald man aber zu rammen anfing, so eröffnete sich jedem Pfahle ein Quell, und das Wasser nahm zuletzt so berhand, dafs es selbst durch die kräftigsten Maschinen nicht m beseitigen war und man versuchen mufste, durch Aenderung eabsichtigten Fundirungsart die Quellen einigermafsen zu i. Ein Fall dieser Art ereignete sich beim Bau der Brücke leans. Perronet, der diese Brücke weder projectirt hatte, uch an der Ausführung unmittelbar betheiligt, sondern nur er Abnahme des Baues beauftragt war, beschreibt die Verlten, welche auf solche Art veranlafst wurden und die verenen Mittel, die man dagegen in Anwendung zu bringen hte. Indem man aber den Rost nur auf die Pfähle aufzun pflegt, nachdem der Wasserspiegel bis zu denselben geist, so fordert diese Fundirungsart meist eine starke Wasserung und oft die Umschliefsung mit Fangedämmen. Dafs anhaltendes Pumpen der Untergrund wesentlich verschlechtert n kann, namentlich, wenn er aus feinem Sande besteht, ist oben (§. 7) erwähnt worden*).

Wenn die Pfähle den festen Untergrund erreichen, oder den benden Boden stark comprimiren, so sinkt das von ihnen gene Fundament nicht merklich unter der Last des darauf llten Gebäudes. Anders verhält es sich, wenn auf einem nicht festen Baugrunde nur die Verbreitung des Fundamentes vormmen wird. Die Senkung, die alsdann erfolgt, ist zwar meist t nachtheilig, sobald sie ziemlich gleichmäfsig am ganzen Gede sich zeigt, dagegen wird der Verband in den Mauern und lden aufgehoben, wenn ein Theil des Baugrundes sich stärker kt, als der andere. Man mufs daher eine ziemlich gleichmäfsige

*) Ueber die verschiedenen Fundirungs-Arten auf losem Grunde hat riette Desnoyers eine Reihe wichtiger Erfahrungen zusammengestellt, t er beim Bau der Bahn von Nantes nach Brest zu machen Gelegenheit tte. *Mémoire sur l'établissement des travaux dans les terrains vaseux de Bretagne.* In den *Annales des ponts et chaussées.* 1864. *I. p.* 273.

Senkung überall darzustellen suchen und deshalb die th
Anwendung des Pfahlrostes möglichst vermeiden. Hughes
zählt, wie beim Bau einer Wasserleitung einzelne Pfeiler auf
und andere auf aufgeschwemmten Boden aufgeführt wur
sämmtlich unversehrt standen, ein Pfeiler aber, der halb a
und halb auf Felsen gegründet war, spaltete plötzlich auf
Höhe. Bei grofser Ausdehnung der Gebäude und wenn der
sehr verschiedenartig ist, kann man es zuweilen nicht ver
verschiedene Fundirungsarten zu wählen. Alsdann mufs m
aber auf ein ungleichmäfsiges Setzen gefafst machen, und
dieses ohne grofsen Nachtheil für das Gebäude eintreten ka
ist es am vortheilhaftesten, die einzelnen Theile nur stumpf
einander zu stellen.

Der liegende Rost sowohl, als der Pfahlrost müssen
gesenkt werden, dafs sie immer unter Wasser bleiben, w
bei abwechselnder Nässe und Trockenheit ihre Festigkeit v
und alsdann nicht mehr den darauf gestellten Bau tragen k
Aus diesem Grunde ist es Regel, die Roste immer unter de
sten Wasserstand der daneben befindlichen Gewässer oder
das tiefste Grundwasser zu legen. Man mufs indessen d
Rücksicht nehmen, dafs natürliche oder künstliche Veränder
im Bette des Baches oder des Flusses möglicher Weise eine
tiefere Senkung des Wasserspiegels herbeiführen können, als
beobachtet worden. Die meisten Stromregulirungen haben
Erfolg, dafs der Abflufs befördert und sonach der Wasserspi
gesenkt wird, daher geschieht es nicht selten, dafs die Rost
Brückenpfeiler und der sonstigen Bauwerke neben dem Strome
Wasser treten, wenn sie auch bisher immer davon bedeckt w

Zur Darstellung dieser tief liegenden Roste wird es n
die Baugrube bis unter das Grundwasser auszuheben und so
vom zudringenden Wasser frei zu halten, bis man den untern
des Baues vollendet hat. Dazu kommt noch, dafs gewisse Ba
wie Schleusen und Freiarchen, noch in einer bestimmten Tiefe
dem kleinsten Wasser, andre dagegen, wie etwa Brückenpf
unter der Sohle des Flufsbettes fundirt werden müssen. Aus d
Gründen ist es oft erforderlich, bis zu einer grofsen Tiefe u

*) *Theory, practice and architecture of bridges. Sect. VI. p. 59.*

Wasserspiegel herabzugehn und zwar zuweilen in dem Flufs-
selbst. Es wird alsdann nöthig, die Baugrube mit wasser-
en Umfassungswänden oder sogenannten Fangedämmen zu
ben, auch wohl den Boden gegen ein zu heftiges Durchquellen
Wassers zu sichern und das zudringende Wasser herauszu-
fen. Die Schwierigkeiten, die hierbei eintreten, sind häufig
grofs, und um so unangenehmer, als man selten vorhersehn
, in welcher Art sie sich zeigen werden. Aus diesem Grunde
an namentlich in Frankreich seit langer Zeit bemüht gewesen,
lchen Fällen andere Fundirungsarten zu wählen, wobei man
Wasserwältigung umgeht, die höchst unsicher, kostbar und
selten für den Baugrund nachtheilig ist. Hauptsächlich dien-
hierzu zwei Methoden, nämlich die Bétonbettung und die
dirung in Senkkasten oder Caissons. Nach dem ersten Ver-
en wird der an sich feste Untergrund durch Baggern und unter
m Zutritt des Wassers bis zur nöthigen Tiefe ausgehoben, und
t starken Bétonschichten bedeckt, d. h. mit einem Mauerwerk,
ches aus Steinstücken und Mörtel besteht und ohne Verband in
Baugrube geschüttet wird. Ist der Béton erhärtet, so sind alle
llen, die sonst durch den Boden hervorbrechen würden, ge-
pft, man kann leicht die Baugrube trocken legen und hat dadurch
ch die beiden wichtigen Vortheile erreicht, dafs der Untergrund
gen jede Auflockerung durch Quellen gesichert ist und die Béton-
ge schon den untern Theil des Fundaments bildet. Was die
aissons betrifft, so fand die Anwendung derselben anfangs we-
ger Eingang, doch hat diese Methode in neuster Zeit manche
esentliche Verbesserungen erfahren, woher sie besonders geeignet
cheint, um in weichem Untergrunde die Fundirung tief herab-
zuführen. Sie schliefst sich gegenwärtig ziemlich nahe an die viel-
ch gewählte Gründung auf gemauerten Brunnen an, und
terscheidet sich von dieser vorzugsweise durch die viel gröfseren
Dimensionen der ummauerten Räume.

Um das Eindringen des Wassers in die Baugrube zu verhin-
ern, und um bis zu grofser Tiefe durch gewöhnliches Aufgraben
herabgehn zu können, wird gegenwärtig vielfach der verstärkte
Luftdruck benutzt, und zwar nicht nur in der Taucherglocke
und in sonstigen Taucher-Apparaten, sondern in grofsen luftdichten
eisernen Kasten, welche die ganzen Fundamente bilden. Den neue-

ren Fortschritten des Maschinenbaues verdankt diese Metho Ursprung, denn die Darstellung, Sicherung und gleichmäfsi senkung dieser Kasten beruht allein auf der äufsersten womit alle einzelnen Theile der Apparate ausgeführt und ander verbunden werden.

Im Allgemeinen wäre über die verschiedenen Fundirun hier noch zu erwähnen, dafs der Druck eines Bauwerk immer senkrecht wirkt, wie bei einer unmittelbaren und mäfsigen Belastung der Fall sein müfste. Namentlich bil ein starker horizontaler Druck, wenn das darauf Mauerwerk das Widerlager eines Gewölbes ist, oder wenn Erdschüttung, die sich dagegen lehnt, halten soll. Die Mi welche sich aus diesem horizontalen und dem senkrechten zusammensetzt, mufs möglichst in die Mitte des Fundame doch wenigstens in die Basis desselben treffen, ohne si Rande zu nähern, weil sonst der Widerstand auf der ein nicht genügen möchte, um eine Drehung zu verhindern. V Fundament in diesem Falle noch horizontal gehalten, möglicher Weise und namentlich, so lange der Mörtel no erhärtet ist, ein Verschieben zwischen den einzelnen S oder auf dem Roste erfolgen. Wenn diese Gefahr auch nic ist, und vielleicht nur sehr selten eintritt, so hat es an auch keine Schwierigkeit, die Fundirung so anzuordnen, dem jedesmaligen Drucke, mag er vertical oder schräge sein, den kräftigsten Widerstand entgegensetzt. In England man dieses Princip mit grofser Consequenz, indem man die ten des Fundaments normal gegen die Richtung des Druc man begegnet dadurch vollständig der angedeuteten Gefa sonders ist dieser Umstand bei Anwendung eines Pfahlro Wichtigkeit, und manche Unfälle an massiven Brücken si es scheint, nur dadurch veranlafst, dafs die Pfähle, dere Theil in losem Boden steckt und die sonach einem hori Drucke wenig Widerstand entgegensetzen, durch solchen verschoben oder gebogen wurden. Bei den neuern Br England wird durch die schräge Stellung der Pfähle jeder nifs dieser Art vorgebeugt, und wenn es sich auch nicht läfst, dafs die Arbeit beim Rammen, sowie beim Legen de und beim Zuhauen und Versetzen der Steine oder beim Ve

el etwas erschwert wird, sobald nicht mehr das Loth und ähnliche Setzwage unmittelbar angewendet werden dürfen, gewisse schräge Neigungen darzustellen sind, so ist diese t doch nicht so wesentlich, dafs sie die Annahme einer Construction verhindern könnte. Hierbei tritt aber auch e Ersparung an Material ein, weil alle Verbandstücke und e so angewendet werden, dafs sie dem jedesmaligen Drucke ksten Widerstand entgegensetzen, und man darf daher nicht n Ausfall an Festigkeit, welchen der schräge Druck bedurch gröfsere Massen und durch Vermehrung der Unterspunkte decken.

§. 32.

Fundirung auf festem Boden.

nn ein Gebäude auf Felsboden ausgeführt werden soll, fiehlt es sich, wie bereits erwähnt, tiefer herabzugehn, als wirkung des Frostes und der Nässe sich erstreckt. Im n hat man in diesem Falle gewöhnlich kein Einsinken des nents zu befürchten und kann daher mit voller Sicherheit wersten Gebäude aufführen. Dennoch trifft es sich zuweilen, r Felsboden nicht die Festigkeit und Tragfähigkeit hat, die n Allgemeinen voraussetzen darf. Hierher gehört zunächst ll, dafs mancher Boden einer starken Verwitterung unter- ist und daher Gebäude, welche ohnfern steiler Abhänge ührt werden, mit der Zeit in Gefahr gerathen. Es zeigt sich nicht selten bei den Ruinen alter Burgen in Gebirgsgegenden. dem Wasser pflegt das Gestein sich im Allgemeinen besser lten, als wenn es abwechselnd der Nässe und Trockenheit setzt ist, nichts desto weniger kann eine starke Strömung auch der Wellenschlag einen Felsen gleichfalls angreifen und und nach Theile desselben lösen, so dafs das Ufer zurückt. Diese Wirkungen sind freilich gemeinhin sehr langsam, dennoch unverkennbar. Die Flufsbetten in Gebirgsgegenden n vielfach solche Einbrüche, woselbst das Ufer sich ganz steil bt, während gegenüber auf der convexen Seite eine flache Verung sich gebildet hat, die ursprünglich hier nicht existirte. so zeigen auch felsige Meeresufer die deutlichsten Spuren des

dauernden Abbruches, der im Laufe der Zeit noch durch
rückweichen der Küste sich zu erkennen giebt, wie man die
längs der französischen und englischen Küste am Kanale

Demnächst ist der Felsboden zuweilen auch nicht
unterstützt. Gewöhnlich sind die tieferen Formationen
die festeren, und im Allgemeinen darf man daher, sobald d
boden erreicht ist, nicht mehr besorgen, dafs derselbe bei
Belastung die darunter befindlichen Schichten noch zerbrech
eindrücken möchte, nichts desto weniger tritt dieses E
doch zuweilen ein. So traf man bei dem Durchstiche bei B
auf der London-Birmingham Eisenbahn eine jüngere K
formation an, die auf Thonschichten lag, von denen die ob
mit Quellen durchzogen waren und keine Festigkeit hatten.
mufs also, wann die geognostischen Verhältnisse einige
begründen, die Bohrungen noch in den Felsen hinein fort
um sich zu überzeugen, dafs derselbe eine gehörig sichere
stützung bietet und die nöthige Mächtigkeit besitzt.

Es kann auch geschehn, dafs die feste Formation, di
antrifft und für gewachsenen Felsen hält, nur aus losem
schiebe besteht, welches durch starke Fluthen oder auf
Art herbeigeführt wurde. Besonders ist dieser Fall bei Fundir
unter Wasser denkbar, wo eine genaue Untersuchung des B
gemeinhin sehr beschwerlich wird. Ein Beispiel hiervon besch
Vicat bei Gelegenheit des im Jahre 1822 und 1823 ausgeführ
Baues der Brücke zu Souillac über die Dordogne *). Der Gru
worauf der erste Pfeiler am linken Ufer fundirt wurde, zeigt
dem untern Drittel von der Länge des Pfeilers eine ganz eb
und horizontale Oberfläche des Kalkfelsens, im Uebrigen bemer
man nur einige scharf zulaufende Felsspitzen und tiefe Spalten,
mit Kies und Steinschutt angefüllt waren. Man versuchte dann
Pfähle einzurammen, doch trafen diese bald auf stark gene
Felsflächen und nahmen alsdann eine schräge Stellung an, o
krümmten sich und zerbrachen die Stützen, womit man sie
recht halten wollte. Auf diese Art war das Rammen unmögl
Ein Taucher liefs sich durch einige Felsblöcke, die er vorfa

*) *Nouvelle Collection de dessins relatifs à l'Art de l'Ingén*
1821—1825. *I. Partie.*

ben und sagte aus, dafs er den gewachsenen Felsen an meh-
Stellen vortreten sähe. Das Sondireisen widerlegte nicht
Behauptung, und da die Jahreszeit weit vorgerückt war und
genauen Untersuchungen keine Zeit blieb, so mufste man sich
entschliefsen. Man nahm also an, dafs der Kies sich weder
primiren, noch auch ausweichen würde und versenkte ohne
eres den Béton. Nachdem dieser erhärtet war, brachte man
olgenden Jahre die Probe-Belastung auf und zwar ruhte die-
auf einer starken hölzernen Rüstung. Von dieser Belastung
n etwa zwei Drittheile aufgepackt, als man bemerkte, dafs die
rfläche des hölzernen Bodens, die früher horizontal gewesen
, stromaufwärts sich um nahe einen Zoll senkte und stromab-
ts um $1\frac{1}{4}$ Linien hob. Diese beiden Messungen waren etwa in
m Abstande von 50 Fufs von einander angestellt. Man unter-
hte sogleich mit möglichster Aufmerksamkeit alle Fugen in dem
erwerke der Probe-Belastung, die man zu diesem Zwecke von
en mit Mörtel verstrichen hatte, worin sich auch nicht der
inste Riss zeigte. Sonach blieb kein Zweifel, dafs der ganze
onkörper sich stromaufwärts neigte und ohne zu brechen um
e Querachse in der Nähe des Hinterkopfes des Pfeilers sich
hte. Dieser Hinterkopf selbst, der sich gehoben hatte, mufste
genscheinlich seine Unterstützung verloren haben und konnte nur
rch die Cohäsion des Mörtels schwebend erhalten werden. Der
on war damals vor 10 Monaten versenkt worden und die Probe-
lastung betrug $3\frac{2}{3}$ Millionen Pfund. Die Belastung wurde nun
t möglichster Schnelligkeit vervollständigt und bis auf $5\frac{1}{3}$ Mil-
nen Pfund gebracht. Plötzlich brach mit heftigem Krachen der
etwa 16 Fufs starke Bétonkörper nahe auf ein Drittel seiner Länge
auseinander. Der kleinere, stromabwärts belegene Theil desselben
senkte sich wieder und behielt im Ganzen nur eine Neigung von
$3\frac{1}{4}$ Linien, während der andere gröfsere Theil sich neben dem
Bruche um $6\frac{1}{2}$ Linien senkte und am Vorkopfe um 6 Zoll tiefer
war. Während der nächsten 8 Monate zeigte sich nicht mehr eine
fernere Senkung und die Quer-Achse des Pfeilers hatte die hori-
sontale Richtung beibehalten. Man erweiterte nunmehr die Bruch-
fuge im Béton, so dafs sie gefüllt werden konnte, verankerte die
untersten Steinschichten des Pfeilers mit einander, sicherte den
Fufs des Fundaments durch eine starke Steinschüttung und ver-

minderte endlich, soviel es möglich war, die Belastung, indem in der Uebermaurung des Pfeilers eine cylindrische Oeffnung brachte. Eine weitere Bewegung trat bei der Fortsetzung Baues nicht ein, die erwähnten Erscheinungen liefsen aber Zweifel darüber, dafs man den Pfeiler nicht auf gewachsenem boden, sondern auf lose Blöcke gestellt hatte.

Der gewachsene Felsboden verliert zuweilen durch männische Arbeiten seine natürliche Festigkeit, in Gegenden, wo Steinkohlen gewonnen werden, weil dabei gröfsten Massen gefördert werden und Erdstürzungen sich am häufigsten wiederholen. Man pflegt zwar bei der Anlage Gebäuden solche Stellen zu vermeiden, doch bemerkt Chausseen zuweilen die Senkungen, die hierdurch entstanden Die vielfachen und bedenklichen Sackungen und Trennungen man an einzelnen Stellen in den Gebäuden der Stadt Essen Regierungs-Bezirk Düsseldorf bemerkt, stehen vielleicht darunter liegenden in früherer Zeit ausgebeuteten Kohlen-Fl in Beziehung, wiewohl die darüber angestellten Untersuch noch zu keinem sichern Resultate geführt haben.

Als die Brücke gebaut wurde, welche die Eisenbahn New-Castle nach Noth Shields über ein weites Thal führt, deckte man in dem Boden unter den Pfeilern die hohlen Rä welche nach der Ausbeutung der Kohlenflöze geblieben wa und ehe man die grofse Last der Brücke darauf zu stellen wa wurden die Höhlungen mit Bruchsteinmauerwerk wieder ausgefüllt Auch in Paris, wo die Gypslager sich oft in grofser Tiefe un dem Boden hinziehn, und in früherer Zeit, ehe die Stadt noch i gegenwärtige Ausdehnung hatte, gebrochen wurden, findet man weilen bei tiefen Fundirungen die hohen und weiten Gallerien, schwach gestützt, der Besorgnifs Raum geben, dafs sie ganz vermuthet einbrechen möchten. Namentlich waren diese le Räume bei der Anlage des Canales St. Martin und der dazu hörigen Werke höchst bedenklich und liefsen besonders einen s starken Wasserverlust befürchten. Man sah sich gezwungen, Gallerien auszufüllen, und mit einem starken und wasserdich Mauerwerke zu bedecken.

---

*) *Theory, practice and architecture of bridges.*

s kann sich auch ereignen, dafs andre künstliche Anlagen e Festigkeit des natürlichen Steines Einfluſs üben, so glaubt dafs die an der Brücke zu Tours eingetretene Senkung zweier r durch die vielen in der Nähe ausgeführten Artesischen en veranlafst worden. Es befindet sich nämlich in der Tiefe 360 Fufs unter dem Wasserspiegel der Loire eine besonders ige Schicht, deren Quellen bis 50 Fufs über den Sommer-rstand des Stromes sich erheben. Diese hat man durch viel-Bohrlöcher aufgeschlossen, aber häufig die Quellen mit so g Vorsicht eingefafst, dafs sie nur zum Theil an der Oberfläche einen und eine grofse Wassermenge sich in den Kalkmergel fst, worauf die Brückenpfeiler stehn. Die Brücke ist 1766 769 erbaut worden, und wenn sich auch schon sogleich ein-e Pfeiler senkten und einige Bogen einstürzten, so zeigte sie der Wiederherstellung, die 1810 beendigt wurde, doch keine r einer Gefahr, bis man 1835 die erwähnten Senkungen be-kte. Die Fundamente wurden in der Art untersucht, dafs man Pfeiler von oben bis unten durchbohrte, und es ergab sich, unter dem Roste leere Räume von 1,2 und sogar von nahe fufs Höhe sich vorfanden. Beaudemoulin *) der diese Thatsachen beschreibt, meint, dafs Beschädigungen, die sich nach mehr 60 Jahren ereigneten, durch besondere spätere Ursachen herbeigeführt sein müfsten, und als solche betrachtet er die Artesischen nnen in der Nachbarschaft, die kurze Zeit vorher in Ausführung racht waren. Es läfst sich hiergegen freilich einwenden, dafs ch sonstige Ursachen eine allmälige Ausspühlung des Grundes schen dem Pfeiler und dem Felsen verursacht haben mögen d die Wirkung davon sich nicht früher zu erkennen geben konnte, bis der leere Raum eine gewisse Ausdehnung erreicht hatte. chts desto weniger kann man die von Beaudemoulin gegebene klärung nicht unbedingt ganz zurückweisen, da unter gewissen ständen auch die Quellen Veränderungen erfahren können, wo-rch nachtheilige Wirkungen veranlafst werden.

Endlich ist bei Gelegenheit des Felsgrundes noch zu erwähnen, afs derselbe, ganz abgesehn von den vulkanischen Einwirkungen,

*) *Sur les divers mouvements du pont de Tours. Annales des ponts et chaussées.* 1839. *II. p.* 86 ff.

auch durch andere Kräfte in Bewegung gesetzt werde
Dieser Fall tritt besonders in den geschichteten Gebirgen
das Wasser bei einer geneigten Lage der Schichten le
Fugen durchdringt und häufig durch Absetzen von Thon
darin eine förmliche Schmiere bildet, wodurch die Bewe
so mehr erleichtert wird. Eines der wichtigsten Beispiel
Art ist der am 2. Septbr. 1806 nach lange anhaltenden
erfolgte Einsturz einer Kuppe des Rofsberges, öst
Zugersee, wobei einzelne Felsblöcke von mehreren tausen
fufs Inhalt eine halbe Meile weit und darüber fortgeschleu
drei Dörfer verschüttet wurden. Es kommt indessen nic
vor, dafs gröfsere Felsmassen sich auf diese Art von selb
gemeinhin sind es künstliche Anlagen, welche ein solches
herbeiführen. Dieses kann entweder durch eine besonde
Belastung der zunächst am Abhange befindlichen Schichten
und noch häufiger, indem man durch tiefe Einschnitte die
Schichten an ihrem Fufse löst und ihnen die natürliche U
zung nimmt. Das Wasser, welches bisher vielleicht nur
füllte, ohne sie zu durchfliefsen, weil der untere Ausgang
sen war, dringt nunmehr lebhaft hindurch. Es verstärk
Angriff auf das Gestein und der auf einer solchen Fuge
Theil stürzt oft erst nach Jahren mit den Bäumen und Al
darauf befindlich ist, herab. Besonders kommt dieser
Thonschiefer nicht selten vor und man mufs daher bei
führungen in und auf demselben die Neigung der Schic
die Sicherung ihres Fufses aufmerksam in Betracht ziehn.

Wenn keine Besorgnifs in Bezug auf die sichere I
Felsbodens besteht, worauf man den Bau stellen will, so
nächst die Oberfläche geebnet und zwar gewöhnlich h
ausgebrochen, wenigstens mufs dieses immer geschehn,
ein verticaler Druck stattfinden kann. Im entgegengesetz
würde es sich auch hier rechtfertigen, die tragende Fläch
gegen die Richtung des Druckes zu neigen, doch ist dieses
hin nicht nöthig, indem bei weit gespannten Bogenbrücken
stärkste horizontale Druck sich bildet, die felsigen Ufer hin
Höhe haben, um demselben kräftig entgegenzuwirken, und
daher nur darauf an, das Fundament auch rückwärts ge
gehörig feste Felswand zu lehnen. Dabei ist es aber nic

dafs das ganze Fundament des Pfeilers auf derselben alen Ebene aufsteht, vielmehr kann man ohne Nachtheil treppung vornehmen und den Bau auf mehreren einzelnen, rizontalen, Fundamenten ruhen lassen, die stufenweise hinter r liegen und durch senkrechte Flächen verbunden sind. Anordnung hat Telford beinahe jedesmal auf Felsboden ge- und sie auch da angewendet, wo das Gestein an einzelnen eine geringere Festigkeit zeigte oder etwas tiefer lag, in em Falle zugleich das Fundament auf eine entsprechende gesenkt wurde. Zuweilen haben diese verschiedenen Stufen eine sehr grofse Höhe. So hebt sich z. B. das felsige Ufer irkwood-Burn bei Lismahago, wo Telford die massive Brücke r Strafse von Glasgow nach Carlisle baute, auf der südlichen so steil, dafs die Fundamente der Flügelmauern treppenförmig fen Absätzen unter einander liegen, von denen der eine, wie 135 zeigt, sogar 30 Fufs mifst*). Eine solche Anordnung sich nur da rechtfertigen, wo das Gestein so fest und auf Art geschichtet ist, dafs ein Abgleiten desselben unmöglich die einzelnen Theile des Fundaments müssen aber durch echte Wände von einander getrennt werden, denn schräge en, wenn sie auch einer solideren Unterstützung des dahinter- den Gesteines entsprechen, darf man bei senkrechtem Drucke anbringen, weil dabei eine Bewegung zu befürchten wäre. ch ist noch darauf aufmerksam zu machen, dafs der eigentliche rlagspfeiler in diesem Beispiele nicht in verschiedener Höhe t ist, sondern sein Fundament, welches 8 Fufs Breite hat, ändig in dem tiefsten Einschnitte liegt. Die Stärke dieses rs beträgt aber am Anfange des Bogens nur 5 Fufs und h beziehn sich die Abtreppungen nicht auf ihn, sondern nur lie beiden Flügelmauern, welche in der Verlängerung der nauern der Brücke liegen. Diese Rücksicht war auch noth- ig, insofern das unvermeidliche Setzen des Mauerwerks die te selbst in Gefahr bringen könnte, während dieses bei der ffenen Anordnung nur in den Flügelmauern Risse erzeugen e, die weniger nachtheilig sind.

Zuweilen hat Telford die Fundamente nur wenig in den Fels-

---

*) *Life of Telford.* Taf. 54.

boden eingeschnitten, wie z. B. für das Dock zu Dundee, dem Rücken einer Klippe erbaut ist und wobei die sch Abtreppungen zu beiden Seiten nur die Unebenheiten in de fläche ausgleichen. Es ist bei einem Bau von dieser Aus und Lage, und besonders wenn der Fels auch in den obern ten eine gehörige Festigkeit zeigt, nicht zu besorgen, d Witterung noch einigen Einfluſs darauf ausüben möchte, i nach verliert der oben angeführte Grund für eine tiefe Fu in diesem Falle seine Bedeutung. Ein eigenthümliches Eins des Fundaments kommt, wie Fig. 136*a* zeigt, noch bei der head-Brücke auf der Great-Western Eisenbahn vor, wo d dament mit förmlichen Zahnschnitten in den Kalkfelsen e um die flachen Bogen von 128 Fuſs Spannung gegen di weichen zu sichern. Fig. 136*b* ist die Seitenansicht des Stir dieser Brücke *).

Andre Gebäude, welche verhältnifsmäſsig auf einer sehr Basis stehn und dabei dem stärksten Wellenschlage ausgese wie diejenigen Leuchtthürme, die man auf Klippen in der erbaut, werden zuweilen noch mit dem Felsgrund verbunden einzelne Steine der untern Schicht in denselben eingreifen. ist z. B. bei dem Leuchtthurme auf Bell-Rock geschehn. nämlich die Oberfläche der Klippe, die aus einem festen Se bestand, zur Aufnahme des Fundaments geebnet hatte, zeig darin noch mehrere Vertiefungen und minder feste Stel regelmäſsig ausgehauen, und worin 16 Granitquader versetz muſsten. Auf solche Art bildete sich die erste unvoll Schicht, die mittelst steinerner Dübel ebenso gegen die Schicht befestigt wurde, wie dieses zwischen allen folgenden

Die Fundirung dieses Leuchtthurmes, so wie auch dieje Thurmes auf Eddystone bot übergroſse Schwierigkeiten, ganz isolirt in der See liegenden Klippen nur bei der Ebbe wurden, und die Gelegenheit zur Unterbringung der Ma und Utensilien durch Rüstungen künstlich beschafft werden Die Schwierigkeiten steigern sich aber noch wesentlich, w Klippe, worauf der Thurm gestellt werden soll, tief un niedrigsten Wasserstande liegt. Dieses war beim Bau des

*) *Public works of great Britain.* Taf. 57 u. 58.

ies auf der Klippe Cassidaigne im Mittelländischen Meere, rn la Ciotat der Fall. Dieselbe ist etwa eine halbe Meile der Küste entfernt, den heftigsten Brandungen und starken mungen ausgesetzt, und besteht aus einem Kalkfelsen, dessen pe nur bis 12 Fufs unter Wasser ansteigt. Die eisernen ngen, die man bei ruhiger See aufstellte, wurden vielfach beim lenschlage zerstört, bis es endlich gelang, sie so fest zu verlen, dafs man die Eisenstäbe sicher anbringen konnte, an chen die Tafeln herabgelassen wurden, innerhalb deren die n-Fundirung erfolgte. Der Bau wurde unter Leitung des Inieur Choll im Jahre 1850 ausgeführt *).

In Betreff der Fundirung auf Felsboden wäre noch zu erwähn, dafs es in manchen Fällen vortheilhaft sein kann, wie Sganzin pfiehlt, eine an sich glatte Oberfläche absichtlich uneben und h zu machen, damit der Mörtel darauf gehörig haftet und man Stande ist, gleich die erste Steinschicht in ein Mörtelbett zu tzen. Da jedoch in vielen Fällen der Mörtel mit dem Felsen hinreichend bindet, so möchte es noch passender sein, eine e Bétonlage, die sich an alle Unebenheiten der Oberfläche chliefst, auszubreiten und darüber das Mauerwerk aufzuführen. n die Fundirung aber in einiger Tiefe unter dem Grundwasser genommen werden soll und das Gestein klüftig und oft in jeder chtung mit weiten Spalten durchzogen ist, so pflegt der Wasserdrang so stark zu werden, dafs alle Versuche zur Trockenlegung r Baugrube mifsglücken. Alsdann wird die Aufbringung von rken Bétonlagen nothwendig, und nachdem selbige erhärtet sind, lingt es erst, das Wasser zu gewältigen und das Mauerwerk rzustellen.

Der feste Baugrund beschränkt sich indessen keineswegs allein f den gewachsenen Felsboden, sondern auch aufgeschwemmter den, wie Kies, Sand, Lehm und reiner Thon, sind häufig im nde, selbst die schwersten Gebäude sicher zu tragen. Die oben wähnten Rücksichten zur Vermeidung des Eindringens der Nässe d des Frostes mufs man bei diesen Bodenarten freilich in viel höherem Grade wahrnehmen, um den Untergrund vor Quellen möglichst zu schützen, sowie man auch verhindern mufs, dafs viel-

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1861. S. 187 ff.

leicht der Angriff des Wassers von der Seite den Bau in bringt und unterwäscht.

Der reine Kies, so wie jedes gröbere Steingerölle heftigen Strömungen niedergeschlagen, woher es so sicher dafs man dabei eine lose Schüttung, ähnlich dem Trie niemals befürchten darf, man mufs sich aber davon über dafs der Kies nicht etwa auf andern lockern Schichten r bei starker Belastung vielleicht selbst versinkt. Findet eine Besorgnifs nicht statt und hat der Kies vielmehr eine Mäc von 10 bis 20 Fufs, so kann man leichtere und schwerere G mit aller Sicherheit darauf stellen, ohne dafs man ein me Nachgeben des Bodens befürchten darf. Er gewährt überd Vortheil, dafs er auch in der Sohle der Baugrube schon ei reichende Festigkeit hat und die Fundamentsteine ihre Lage ändert beibehalten. Ein grofser Uebelstand ist dabei al starke Wasserzudrang, der sich sogleich einstellt, wie ma den Wasserspiegel der nebenliegenden Flüsse oder unter das wasser herabgeht. Man darf freilich hierbei nicht eine Auflockerung des Bodens, wie bei dem feinen Sande, bef aber es giebt sich dennoch bei anhaltendem Ausschöpfen d grube zu erkennen, dafs der Wasserzudrang an Stärke z und sonach scheint es, dafs die Quellen auch hier einige A rung veranlassen, oder wenigstens die Fugen stärker öffn Fällen dieser Art, oder wo überhaupt im Kiesboden ei Fundirung vorgenommen werden soll, findet daher die Ver von Béton passende Anwendung.

In welchen Fällen der reine Sand einen festen B bildet, ist schon früher angedeutet worden. Begründet dieser Beziehung keine Besorgnifs und entspricht die Mä der Sandschicht gleichfalls dem Gewichte des darauf zu st Gebäudes, so mufs man sich besonders hüten, ein stark schöpfen des Wassers in der Baugrube vorzunehmen, jedenfalls die Festigkeit der Ablagerung gefährdet wird. hier ist eine Bétonbettung wieder sehr wirksam, um die zu stopfen, doch hat man zu diesem Zwecke auch andere M zuweilen benutzt und auf andere Art den Sand zu bedec dadurch die Quellen zu sperren gesucht. Häufig zerlegt Baugrube in mehrere kleine Theile, und indem man jeden d

ders behandelt, so schwächt man die schädliche Einwirkung nfsteigenden Wassers. Auch der Gebrauch der Spundwände, m Sande sich sehr regelmäfsig ausführen lassen, verhindert ilen schon einen zu heftigen Andrang des Wassers. Man oft, dafs der Sand nicht comprimirbar sei *), doch findet diese nschaft in aller Strenge nicht statt. Die einzelnen Körnchen n sich freilich nicht zusammendrücken und jedenfalls wird eine Sandschicht auch keine grofse Comprimirbarkeit zeigen, aber fehlt sie ihr doch nie, denn wie fest auch der Sand bereits gert sein mag, so tritt bei einer starken Vergröfserung des dargestellten Gewichtes doch gewöhnlich ein noch näheres Zuenrücken der Körnchen ein. Dieses ergiebt sich schon aus von mir angestellten Beobachtungen, und die Bewegung, welche Pfeiler der Brücke zu Souillac annahm, scheint dieses gleichzu beweisen. Besonders bleibt aber die Oberfläche des Sandes ohl im trocknen Zustande, als auch, wenn sie vom Wasser eckt ist, immer sehr locker. Nur wenn der Sand stark benetzt r, und das Wasser in ihm herabgesunken ist, nimmt er eine tere Lage an, und durch Abrammen kann man in diesem Falle e recht geschlossene Lage der Körnchen hervorbringen und ein neres Eindrücken des Baues vermeiden. Der trockne Sand und enso der ganz nasse wird durch die Schläge der Handramme r hin- und herbewegt, ohne sich dadurch fester zu lagern. Aus sem Grunde sinken die untersten Steine des Fundamentes bei er starken Belastung jedesmal noch etwas tiefer ein, und wahrscheinlich comprimirt sich auch die darunter befindliche Sandschicht. eser Erfolg pflegt indessen so geringfügig zu sein, dafs er keine rkliche Gefahr für das Gebäude veranlafst, besonders wenn man s Fundament nach Maafsgabe der Belastung verbreitet und es s zur gehörigen Tiefe unter die Oberfläche des Bodens herabführt.

Die Eigenschaft des Sandes, dafs die einzelnen Körnchen genseitig eine starke Reibung äufsern und sich daher in ihrer Lage halten, und folglich auch einen verschiedenartigen Druck ter sich ausgleichen, läfst den Sand bei Fundirungen so vortheilhaft erscheinen, dafs man ihn vielfach als unterste Schicht des Fundamentes benutzt. Sein eigentlicher Zweck ist in diesem Falle

*) *Régemortes, description du pont à Moulins.* Paris 1771. *p.* 3.

aber nur, den Druck auf eine grofse Fläche zu verbrei
mufs noch erwähnt werden, dafs ein festgelagerter reiner S
Rammarbeiten den Pfählen einen sehr sichern Stand giebt
man in solchem Boden kein Setzen des Fundamentes b
darf, sobald die Pfähle einigermaafsen bis zum Stehn
getrieben sind.

Der gröfste Uebelstand beim Sande ist der geringe
stand, den er dem durchfliefsenden Wasser entgegensetzt
Körnchen haften nicht aneinander und folgen daher, wenn
gedeckt sind, jeder Strömung, bei ihrer Feinheit werden
auch leicht gehoben und durch die Zwischenräume eine
schüttung und selbst durch die Fugen einer Spundwand h
geführt. Der Sand gewährt sonach als Baugrund nur in d
die nöthige Festigkeit, wenn kein Wasser hindurch, oder
bar daneben fliefst. Aus diesem Grunde darf man in Fl
auf feinen Sandboden keinen Bau stellen, oder solchen n
darunter versenken, ohne einer möglichen Unterspülung sic
zubeugen. Dieses geschieht vielfach durch Steinschüttung
man nach und nach in dem Maafse verstärkt, wie sie her
Eine Ueberdeckung der umgebenden Flächen mit Béton
zu gleichem Zwecke auch verschiedentlich angewendet.

Die Eigenschaften des Thones sind in mancher B
denen des Sandes gerade entgegengesetzt. Derselbe w
dem Eindringen des Wassers, wenn er gegen eine Spundw
eine andere ziemlich dichte Wand gestampft ist, auch b
natürlichen Ablagerung läfst er keine Quellen hindurch
Er widersteht ferner einem starken Drucke, wenn er
trocken ist, aber wenn er mehr Wasser in sich aufgenom
so ist seine Tragfähigkeit nicht nur beschränkt, sondern de
derselben giebt sich auch später zu erkennen. Indem d
sich nach und nach in ihm ausgleicht, so sinken mit der
am stärksten belasteten Theile des Gebäudes herab, wenn
Anfangs gehörig unterstützt waren, und selbst Rostpfähle,
dem Schlage der Ramme nicht mehr wichen, geben im Th
dem dauernden Drucke zuweilen nach. Ein stark dur
Thon ist daher ein gefährlicher Baugrund und dieses um
als er in diesem Zustande auch dem Eindringen des Wasse
Widerstand entgegensetzt. Anders verhält es sich, wenn d

ziemlich ausgetrocknet ist. Auf solchem können freilich
: Gebäude sich noch etwas setzen, doch meist nur unbedeu-
nd man kann dieses grofsentheils vermeiden, wenn man den
vorher stark comprimirt. Dieses geschieht am besten, wenn
ıstgrofse Steine regelmäfsig auf der Sohle der Baugrube als
r ausbreitet, und mit einer Handramme fest eintreibt. Beim
es Primrosehill-Tunnels auf der London-Birmingham Eisen-
wurde dieses Verfahren ausdrücklich vorgeschrieben.
ı ähnlicher Weise kann man selbst einen sehr nachgiebigen
und, wenn feste Schichten in mäfsiger Tiefe darunter liegen,
befestigen und zum Tragen grofser Lasten geschickt machen.
erden in Bremen die hohen und oft mit schweren Gütern
en Packhäuser oder Speicher an der Weser nur unter den-
n Mauern mit einem Pfahlroste versehn, die unmittelbar oder
nahe am Ufer stehn, während die entfernteren Umfassungs-
n und die schwer belasteten Unterzugständer oder gemauerten
r auf festgerammten Steinschüttungen ruhn. Das Verfahren
ist folgendes. Man gräbt den Boden so tief auf, bis man
Grundwasser erreicht, alsdann wird eine 1 bis 2 Fufs hohe
tung von unbrauchbaren oder zerbrochenen Ziegeln in der
ung der Mauern ausgebreitet, und man stellt eine Zugramme,
edoch nur aus einem dreibeinigen Bocke besteht, darüber.
Klotz, der etwa 5 Centner schwer ist, bewegt sich in einer
e, die ein Arbeiter hält, und mittelst deren der Schlag, ohne
die Ramme verstellt werden darf, einige Fufs weit seitwärts,
vor- und rückwärts erfolgen kann. Die erste Steinlage wird
urch sehr schnell ins Wasser herabgetrieben, eine zweite Lage
her Art leistet dagegen schon mehr Widerstand, und man fährt
dem Aufschütten von Steinen und dem Festrammen derselben
nge fort, bis endlich der Rammklotz keinen merklichen Ein-
k mehr macht. Die Steine der obern Lagen werden dabei in
n Staub zerschlagen, indem das Grundwasser sie aber durch-
t, so bilden sie auch in diesem Zustande eine feste Masse und
gehöriger Führung des Rammklotzes nehmen sie eine ebene
l horizontale Oberfläche an, worauf die untere Mauerschicht
nem versetzt werden kann. Es mufs erwähnt werden, dafs
a bei Packhäusern, die theils auf solche Art fundirt sind, theils
f Pfahlrosten ruhen, keine Risse in den Mauern bemerkt, woraus

sich ergiebt, daſs diese abgerammten Steinschüttungen die Tragfähigkeit, wie der Pfahlrost haben.

In ähnlicher Weise hat man auch statt der Steine kurze P... benutzt und diese letzte Methode kommt mit der Anwendung sogenannten Füllpfähle ziemlich nahe überein, die in ... Zeit zur Comprimirung des Grundes nicht selten benutzt wu... In Venedig braucht man sie auch jetzt noch, und gewöhnlich kommen daselbst die groſsen Privatgebäude keine andere Fu... als daſs man so viele kleine Pfählchen mit der Handramme ... ausgehobene Baugrube einschlägt, bis sie sehr schwer eindri...

Die Eigenschaft des steifen Thons, das Wasser nicht ... zulassen, macht ihn unter vielen Verhältnissen besonders wi... und man hat ihn sogar benutzt, um einen künstlichen Baug... darzustellen. Dieses war zum Theil schon von Régemorte... de Cessart geschehn, doch dehnte Telford dasselbe Verfahr... eine früher nicht gekannte Weise aus, um Schwierigkeiten zu ... winden, die unübersteiglich schienen. Am nordöstlichen Ei... des Caledonischen Canales, nicht weit von Inverness, sollte in... Loch-Beauley die erste Schleuse, genannt die Schleuse von C... nacharry, erbaut werden. Hätte man sie auf das Ufer gelegt, würde die Einfahrt der Schiffe durch das weit ausgedehnte da... liegende Watt (ein aufgeschwemmter thoniger Boden, der bei ... Fluth mit Wasser bedeckt ist) noch gesperrt worden sein, ... selbst durch den kostbaren Bau langer Molen oder Hafendä... wäre die Tiefe im Vorhafen nicht dauernd zu erhalten gewe... daher entschloſs sich Telford, die Schleuse 97 Ruthen von ... Grenze des Hochwassers ab in die See hinein zu verlegen. ... Grund war an dieser Stelle so weich, daſs eine 55 Fuſs l... eiserne Stange darin versank, woher an gewöhnliche Fangedä... nicht gedacht werden konnte. Die Hügel neben der Küste be... den aber aus einer festen und zähen Klaierde, und es wurden ... der Richtung der künftigen Canaldeiche Eisenbahnen angelegt, ... zunächst das Material für die Deiche selbst herbeizuschaf... Nachdem diese dargestellt waren, führte man groſse Thonma... an die Stelle, wo die Schleuse erbaut werden sollte, und bild... daraus eine mächtige Schüttung auf dem Watte. Dieselbe erh... eine solche Ausdehnung, daſs sie zugleich die Fangedämme ... die Schleuse bildete, und ihre ganze Höhe betrug 60 Fuſs. D...

packte man noch grofse Steine, die später beim Schleusenbau
rt werden sollten und überliefs das Ganze ungefähr 6 Monate
der Wirkung des Wellenschlages. Während dieser Zeit war
Oberfläche der Thonmasse 11 Fufs gesunken, und da sie end-
keine weitere Bewegung zeigte und man daher annehmen
nte, dafs der weiche Untergrund gehörig comprimirt sei, so
man an, die Baugrube darin auszuheben. Eine Kettenpumpe,
durch 6 Pferde getrieben wurde, schöpfte das Wasser bis auf
Tiefe von 15 Fufs aus, und bei der ferneren Vertiefung, die
s bis 30 Fufs unter Hochwasser trieb, wurden die Pumpen
ch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt. Man kam hierbei
8 Fufs in den comprimirten natürlichen Boden hinein, doch
ete man sich, auf einmal eine grofse Oeffnung darin darzustellen,
uerte vielmehr in einzelnen Theilen von etwa $1\frac{1}{2}$ Ruthen Länge
i Schleusenboden in der Mitte 2 und an den Seiten 5 Fufs hoch
Bruchsteinen aus und spannte alsdann im Zusammenhange ein
gekehrtes Gewölbe darüber, welches in den Schleusenmauern
n Widerlager fand. Es verdient bemerkt zu werden, dafs die
utzpfähle, die man nur unter den beiden Häuptern der Schleuse
wendete, sehr schnell und in ununterbrochener Arbeit eingerammt
rden mufsten, weil sie nach einer Pause von einer Stunde weder
fer eingeschlagen, noch auch herausgezogen werden konnten.
ber das ganze Verfahren sagt Telford: „diese Methode, den
chlamm zu comprimiren und die ganze Baustelle darin zu ver-
enken und später den Klai-Berg zu durchstechen, um die Ein-
änge zur Schleuse zu bilden, war nur ein Nothbehelf, doch ergab
ie Vergleichung der Kosten, dafs, wenn auch gewöhnliche Fange-
ämme hier anwendbar gewesen wären, die Ausführung derselben
ich doch nicht so wohlfeil als dieses Mittel herausgestellt haben
würde." *)

Schliefslich mufs in Bezug auf Fundirungen im aufgeschwemmten
oden noch bemerkt werden, dafs dieselben nur insofern eine
chere Unterstützung finden, als die Erde darunter nach keiner
ite leicht ausweichen kann. Wollte man sie daher in der Nähe

*) *Life of Thomas Telford.* London 1838. S. 58. Eine Beschreibung
dieses Baues gab schon früher Flachat in seiner *Histoire des travaux du
Canal Calédonien*, Paris 1828, doch stimmen die Angaben darin grofsentheils
mit denen von Telford nicht vollständig überein.

eines steilen Abhanges anbringen, woselbst der Boden entweichen könnte, so wäre eine Senkung zu besorgen, die dadurch befördert würde, dafs auch die Quellen in eben Richtung sich hinzuziehn pflegen. Die Vorsicht, die man in diesem Falle empfiehlt, nämlich dem Fundamente einige Neigung und zwar dem Abhange entgegengesetzt, zu geben, ist bei schwemmtem Boden ohne Nutzen, indem dieser Boden selb Bewegung geräth, sobald er stark belastet wird. Das sich Mittel besteht darin, dafs man das Fundament entweder bi Thalsohle herabführt, oder es doch wenigstens so weit senkt, die gerade Linie, welche von demselben nach der nächsten der Thalsohle gezogen wird, nicht steiler als etwa unter 20 G gegen den Horizont geneigt ist. Diese Regel begründet sich durch, dafs selbst lose Erdarten keine flachere Böschung bilden pflegen und daher in diesem Falle der nachtheilige E der Quellen aufhört.

§. 33.

Verbreitung des Fundamentes.

Abgesehn von den schmalen Banketen, durch welche selbst bei festem Boden die Grundmauern etwas zu verl pflegt, soll hier nur von stärkeren Verbreitungen die Red welche die Vertheilung des Druckes auf eine bedeutend g Fläche bezwecken. Jeder Baugrund, wenn er auch noch s wäre, widersteht einigem Drucke, und weicht nur, sobald Druck gröfser wird, als seine Tragfähigkeit ist. Vertheil daher den Druck auf eine recht grofse Fläche, so wird e gleichungsweise um so geringer, und um so sicherer kann der die Last tragen. Gemeinhin wird hierbei noch eine Absicht verfolgt. Ein weicher und nachgiebiger Boden ist n häufig nicht überall von gleicher Beschaffenheit, und kann zelnen Stellen ein gröfseres Gewicht tragen, als an andern. man unmittelbar ein Gebäude darauf stellen, dessen Theile sich nicht innig verbunden sind, so würde leicht eine Ecke ein andrer Theil tiefer versinken, als die übrigen, wodur

augenscheinlich mehr leidet, als wenn es sich im Zusam-
e und möglichst gleichmäfsig gesetzt hätte. Hiernach ist
gung, dafs die tragende Fläche unter dem ganzen Gebäude
enhängt und so innig verbunden ist, dafs nirgend eine
g erfolgen kann. Dieses allein genügt aber noch keines-
denn ein Biegen dieser Fläche darf gleichfalls nicht statt-
wenn jeder Bruch im Gebäude verhindert werden soll.
e gewöhnlichen liegenden Roste sind keineswegs so steif,
jeder Biegung widerstehn, und eben so wenig findet dieses
jenigen Constructionen statt, die man statt derselben zu-
anwendet. Das Mauerwerk an sich hat dagegen, wenn es
örigem Verbande und aus gutem Material ausgeführt worden,
tarken innern Zusammenhang, wodurch ein mögliches Biegen
ndamentes oder des Rostes meist verhindert wird. Man
nach in der erwähnten Beziehung von dem liegenden Roste
cht zu viel versprechen. Abgesehn von der gröfsern Aus-
g der tragenden Fläche gewährt der liegende Rost auch
Beginne des Baues den Nutzen, dafs die Steine nicht sogleich
elleicht bis zu verschiedenen Tiefen sich eindrücken. Diesem
wirkt er vollständig entgegen, und so lange er noch nicht
belastet ist, zeigt er auch eine hinreichende Steifigkeit. End-
wartet man zuweilen von einer solchen Unterlage unter dem
mente auch noch, dafs sie nicht nur steif ist, und daher das
n des Gebäudes verhindert, sondern dafs sie auch ein ganz
näfsiges Setzen bewirken, und verhüten soll, dafs nicht etwa
eite tiefer herabsinkt, als die andere, und sonach der Bau
chiefe Stellung einnimmt. Es darf kaum erwähnt werden,
dieser Erfolg nur von der Beschaffenheit des Untergrundes
gt, und dafs der liegende Rost dazu nichts beitragen kann.
Beim Abbruche alter Gebäude findet man zuweilen Fundirungs-
gewählt, die einem liegenden Roste nahe kommen. Als man
Altstädtsche Kirche in Königsberg abtragen mufste, die auf
n sehr unsichern Grunde im sumpfigen Thale des Pregels vor
als fünf Jahrhunderten gebaut war, fand man unter den
n Umfassungsmauern und Pfeilern eine Reihe von Aesten und
men von Ellernholz neben einander flach auf den Boden ge-
Dieselben hatten sich so gut erhalten, dafs sie gröfsentheils
fest waren und man die Holzart wieder erkannte. Besonders

interessant war es, dafs man unter ihnen auch noch den deutlich wahrnehmen konnte, woraus sich also ergab, daß gar keine Fundamentgräben für dieses grofse und hohe Ge eingeschnitten, sondern sich begnügt hatte, nur den natü Rasen mit Holzstücken zu bedecken und darauf die Mauern zuführen.

Ein ähnliches Verfahren ist auch gegenwärtig noch i Marschen Ost-Frieslands üblich. Die Festigkeit, welche der besitzt, wird zum Tragen der leichten Gebäude mitbenutzt. legt auf denselben eine Holzdecke, welche einen liegenden darstellt, und auf dieser werden die Grundmauern ausgeführt. starkes Sacken pflegt in dem wenig consistenten Untergrunde auszubleiben, woher der Bau bis zur beabsichtigten Tiefe sinkt, die Vertiefung, die sich um ihn bildet, wird durch Erd tungen später ausgeglichen.

Eine der merkwürdigsten Anwendungen des liegenden ist bei Erbauung der Seilspinnerei zu Rochefort durch B gemacht. Der thonige Boden zeigte an der Oberfläche ei nügende Festigkeit, doch nahm diese in einiger Tiefe bed ab, und bei 12 Fufs ging er bereits in einen dicken Schlamm Letzterer setzte sich so weit fort, dafs man die festen Sch darunter gar nicht auffinden konnte und daher an einen Pf nicht zu denken war. Das Gebäude mufste also allein dur oberen Erdlagen getragen werden, und es kam darauf an, möglichst wenig durch Einschneiden zu schwächen. Deshalb in geringer Tiefe der Rost gelegt und der Bau darüber ausg der sich auch wirklich gleichmäfsig setzte.

Es fehlt nicht an Beispielen, welche zeigen, dafs Gebäu auf dem liegenden Roste fundirt wurden, einer starken S ungeachtet, doch weder Risse bekamen, noch auch eine Stellung annahmen. Es läfst sich hieraus indessen keineswe Schlufs ziehn, dafs dieser günstige Erfolg wirklich durch Fundirungsart veranlafst wurde, vielmehr mufste der Boden d schon an sich eine so gleichmäfsige Beschaffenheit haben, überall ungefähr in gleicher Art nachgab. Ein wichtiger V des liegenden Rostes beruht noch darauf, dafs man mittel Schwellen desselben die Fundamente unter den einzelnen mit einander verankern kann, was besonders unter den

n Gewölben sehr vortheilhaft ist. sobald der Boden nur
'estigkeit hat.

der Ausführung eines Rostes mufs man zunächst dafür
ihn in solche Höhe zu legen, dafs er beständig vom
bedeckt bleibt. Wäre dieses nicht der Fall, so würde
faulen oder verrotten und man könnte alsdann nicht nur
en Vortheil von ihm erwarten, sondern er würde unter
nf ruhenden Last auch noch zerdrückt werden und dadurch
ie Veranlassung zur Senkung des Gebäudes geben. Im
len, wo die Feuchtigkeit länger zurückgehalten wird, ist
'ebelstand zwar etwas weniger zu besorgen, als im Sande,
schneller austrocknet, nichts desto weniger mufs man aber
rt bis unter den kleinsten Wasserstand herabgehn und da-
ı noch darauf Rücksicht nehmen, dafs dieser Wasserstand
:t durch besondere Umstände, wie etwa durch Strom-Correc-
tiefer gesenkt werden kann.

§. 137 *a*, *b* und *c* zeigt einen liegenden Rost im Querschnitte
den Ansichten von oben und von vorn. Den wichtigsten
esselben bilden die Langschwellen, welche das Funda-
er Länge nach zusammenhalten. Zu diesem Zwecke müssen
den Stöfsen gehörig verkämmt, auch wohl durch eiserne
ern verbunden sein, damit sie sich nicht auseinanderziehn,
nso ist es auch nöthig, dafs diese Stöfse gehörig im Ver-
liegen und immer auf die Unterlager treffen. Die Lang-
en haben eine Stärke von 8 bis 12 Zoll und man legt sie
ier Entfernung von einander, dafs die Bohlen darüber noch
herheit die Mauer tragen. Die Bohlen sind 3 bis 6 Zoll
ınd werden mit hölzernen Nägeln befestigt, auch giebt man
uweilen durch Einhauen mit der Axt eine rauhe Oberfläche,
as Mauerwerk besser darauf haftet. Die eigentliche Verbin-
ıter sich erhalten die Langschwellen durch die Unterlager,
leich wirkliche Zangen sind. Sie werden nach der Schnur
:zwage in Abständen von 4 bis 6 Fufs auf die Sohle der
be verlegt, und unter den Schwellen sind sie 2 bis 3 Zoll
geschnitten, während die Schwellen selbst in voller Stärke
· fortgehn. Hierbei darf indessen keineswegs die ganze Last
'auf gestellten Baues auf den Unterlagern und Rostschwellen
denn beide würden sich in diesem Falle in den losen Unter-

und eindrücken und das Senken des Fundamentes wäre alsdann gar stärker, als ohne den liegenden Rost. Es ist sonach nothwendig, die Rostfelder und ebenso auch den Raum zur Seite bis r obern Fläche der Schwellen sorgfältig anzufüllen und festzustampfen. Man kann hierzu verschiedenes Material benutzen. Wenn an Thon oder Lehm anwendet, so ist ein Zusatz von Kies oder einen Steinen dabei insofern vortheilhaft, als dadurch der Thon weniger comprimirbar wird. Hat man dagegen nur Sand, so pflegt an denselben von oben stark anzugiefsen, wodurch die Körnchen ne geschlossene Lage annehmen, doch mufs in dieser Zeit der Wasserstand mittelst der Schöpfmaschine einige Fufs tiefer gehalten werden. Etwas Aehnliches gilt auch vom Bauschutte, der gleichfalls durch starkes Angiefsen sich fest lagert, der aber wegen der häufig darin befindlichen ungebrannten Thonerde durch Anstampfen noch um so fester wird. Jedenfalls mufs man dafür sorgen, dafs diese Füllung bis zur untern Fläche des Bohlenbelages heraufreicht, damit hier eine vollständige Unterstützung stattfindet. Wenn auch ein Herabsinken der obern Erdschichten nicht verhindert werden kann, so darf doch keineswegs der Rost sich in diese eindrücken.

Zuweilen umgiebt man den liegenden Rost noch mit einer Spundwand und dieses hauptsächlich in der Absicht, um das Auswaschen des Grundes und das Unterspülen des Fundamentes zu verhindern. Ein solcher Zweck läfst sich indessen hierdurch nicht mit Sicherheit erreichen, denn man darf nicht voraussetzen, dafs die Spundwand wasserdicht sei. Dazu kommt noch, dafs, wenn überhaupt ein Auswaschen oder Auflockern des Grundes zu besorgen ist, dieses durch die Spundwand nur unter dem Fundamente, aber keineswegs in dessen nächster Umgebung verhindert werden kann. Letzteres ist aber eben so nachtheilig, wie jenes, denn sobald der Grund sich hier erweicht, so wird die Spundwand von dem auf der innern Seite stattfindenden Drucke herausgedrängt und der Rost senkt sich. Es mufs sonach für den liegenden Rost ebenso, wie für jede andere Fundirung, als Regel gelten, dafs überhaupt keine Quellen sich darunter hindurchziehn, und wenn die tiefer liegenden Wasseradern, von denen früher die Rede war, die man weder leicht entdecken, noch abschliefsen kann, hiervon eine Ausnahme machen, so dürfen wenigstens keine Quellen nahe unter dem Fundamente vorkommen, dafs ein Ausspü-

gen ist. Man vermeidet dieses, indem man das Fundament ef senkt, dafs der Weg, den die Wasseradern nehmen müssen, a sie unter demselben noch durchdringen, so lang und deshalb so vielen Widerständen verbunden ist, dafs eine starke Strö- g darin nicht mehr eintreten kann. Die möglichst tiefe Lage Rostes ist besonders geboten, wenn später und dauernd ver- edene Wasserstände an der einen und der andern Seite des werkes sich bilden, wie dieses etwa bei Wehren der Fall ist. ei ist dabei stets darauf zu achten, dafs nicht etwa durch an- ndes und starkes Pumpen der Untergrund gelockert und da- ch seine Tragfähigkeit vermindert wird. Wo dieses zu besorgen, f der liegende Rost nicht angewendet werden.

Die Spundwand um den liegenden Rost gewährt noch einen ren wichtigen Vortheil. Zunächst schwächt sie schon während Baues den starken Wasserzudrang, indem sie manche Adern, sich sehr nachtheilig zeigen würden, theils unmittelbar und theils ch die Compression der Erde sperrt, und überdies hinter ihr Thonschlag zu gleichem Zwecke angebracht werden kann.

Die Verbindung des liegenden Rostes mit der Spundwand ge- eht in der Art, dafs man die äufsere Langschwelle beim Ein- mmen der Spundpfähle schon als Lehre benutzt. Man erreicht durch den Vortheil, dafs zwischen der Spundwand und dem hlenbelage die Erde unter dem Roste sicherer umschlossen wird, s Fig. 138 zeigt. Eine vollständige Verbindung darf aber zwi- en der Spundwand und dem liegenden Roste nicht stattfinden, il ersterer seiner Natur nach einer gewissen Senkung ausgesetzt ibt und diese unregelmäfsig ausfallen müfste, wenn sie durch die ndwand zum Theil gehindert würde.

Häufig geschieht es, dafs die Mauer, die auf dem Roste steht, ter einem gewissen Winkel und oft unter einem rechten Winkel h seitwärts abzweigt, wie dieses bei Flügelmauern vorzukommen egt. In solchem Falle läfst sich der Verband zwischen beiden eilen des Rostes am leichtesten darstellen, wenn die Schwellen s einen Theiles über die des andern fortschiefsen, also die Enden zelner Schwellen zugleich Unterlager für die andern Schwellen rden. Der Bohlenbelag liegt alsdann nicht durchweg in derselben he, sondern es bildet sich auf den Ecken eine Stufe. Dieser stand ist für die Festigkeit nicht nachtheilig, man mufs aber

dafür sorgen, dafs beide Theile des Rostes noch unter dem t
sten Wasser liegen und dafs die Schwellen mit einander g
verbunden werden. Da die Fundirung in der gröfseren Tie
barer wird, so pflegt man gewöhnlich denjenigen Theil des
am tiefsten zu legen, der die geringste Ausdehnung hat.
ferner die Flügelmauer nicht senkrecht, sondern schräge v
Hauptmauer abgeht, so müssen die Schwellen dennoch par
den Mauern liegen. Sie überschneiden sich also in schräger
tung und dieser entsprechend werden auch die nächsten Ut
nicht rechtwinklig, sondern schräge verlegt, bis sie die n
Lage annehmen können. Die Bohlen müssen sämmtlich auf
Schwellen aufliegen, man darf sie daher nicht als kurze dr
Stücke aufbringen, vielmehr erhalten sie nur an einer Seite
geringere Breite, als an der andern, damit sie nach und n
die senkrechte Richtung übergehn. Fig. 139 *a* und *b* zeigt
Anordnung im Grundrisse und im Querschnitte.

Bisher ist nur von derjenigen Construction des liegenden
die Rede gewesen, die bei uns üblich ist, in England w
man in mancher Beziehung wesentlich davon ab. Beim Bau
Brücke zu Gloucester über den Severn, wo der Bogen von 150
Spannung sehr feste Widerlager erforderte, fundirte Telford diese
18 Fufs unter dem niedrigen Wasser auf einem groben Kies
und zwar in einer Ausdehnung von 40 Fufs Länge und 37
Breite. Er liefs zuerst auf dem geebneten Grunde eine Sch
flacher und lagerhafter Steine ausbreiten und hierüber legte er
Rost. Derselbe bestand in der einen Richtung, wie in der and
aus Balken von Kiefernholz, die weniger hoch als breit waren u
3 Fufs von Mitte zu Mitte entfernt lagen. Vierzehn Stück d
selben von 37 Fufs Länge wurden senkrecht gegen die Richtu
des Stromes verlegt, und dreizehn andere, 40 Fufs lang, kam
quer darüber. Beide wurden bis zur Hälfte überschnitten, so d
sie oben wie unten bündig waren. Die viereckigen Felder, d
etwas über 2 Fufs im Quadrat hielten, wurden mit Bruchstei
sorgfältig ausgemauert und dann kam ein vierzölliger Bohlenb
von Buchenholz darüber, der auf den Rost genagelt wurde.

Beim Bau einer Schleuse auf dem North-Walsham- und D
ham-Canale in Norfolk wählte Hughes die folgende Construct
der Boden bestand daselbst aus Moorerde, worin sich Sandad

nzelne Kieslager vorfanden, die in allen Richtungen das Was-
dringen liefsen und den Grund so erweicht hatten, dafs man
grofse Mühe ein eiserne Stange 28 Fufs tief einstofsen konnte.
eser Tiefe befand sich ein festerer Untergrund, doch scheute
Actiengesellschaft die Kosten, um das Fundament so weit her-
führen, oder einen Pfahlrost anzuwenden. Es wurde daher
der liegende Rost gewählt. Man streckte Balken von Kie-
holz 1 Fufs breit, 6 Zoll stark und 32 Fufs lang im lichten
nde von 3 Fufs, nach der Quere der Schleuse auf die Sohle
Baugrube. Hierüber nagelte man unmittelbar den dreizölligen
lenbelag und rammte Spundwände vor und hinter den Rost.
Spundpfähle drangen nie tiefer, als 15 Fufs, und oft nur 9 bis
Fufs ein, und wenn die Arbeit auch nur sehr kurze Zeit (Hug-
sagt wenige Secunden) unterbrochen war, so liefsen sie sich
ht mehr bewegen und konnten alsdann weder unter den Schlä-
der Ramme tiefer herabgebracht, noch auch herausgezogen
rden.

Eine eigenthümliche Construction des liegenden Rostes, die
lford bei der Tewkesbury-Brücke über den Severn anwandte,
rdient noch erwähnt zu werden. Das eine Ufer bestand aus
iterem Boden, so dafs ein Pfahlrost, der auf der andern Seite
wählt werden mufste, hier nicht nöthig schien. Es wurde eine
ge Halbholz von 6 Zoll Stärke dicht schliefsend auf der geeb-
ten Baugrube verlegt und zwar so, dafs die einzelnen Stücke die
chse der Brücke unter einem Winkel von 45 Graden schnitten.
ierüber kam eine ganz gleiche Lage, welche die erstere unter
nem rechten Winkel kreuzte. Beide wurden durch eiserne Nägel
it einander verbunden und eine Spundwand umgab sie auf der
m Flusse zugekehrten Seite.

Auch bei andern gröfseren Bauten in England hat man den
genden Rost angewendet, man ist indessen in neuerer Zeit hier-
n meist abgegangen und giebt einer Fundirung auf Béton unbe-
ngt den Vorzug. Es leidet keinen Zweifel, dafs die letzte Me-
ode gröfsere Bequemlichkeit und Sicherheit gewährt, insofern die
rockenlegung der Baugrube dabei ganz umgangen wird, oder doch
cht früher erfolgen darf, als bis die Quellen darunter vollständig
schlossen sind, also eine Auflockerung des Untergrundes nicht
hr zu besorgen ist. Dazu kommt noch, dafs der Béton schon

wirkliches Mauerwerk ist, sich also mit dem darüber aus innig verbinden läfst, auch nicht leidet, falls vielleicht sp Grundwasser gesenkt werden sollte.

Bei dem liegenden Roste, wie man ihn in Frankre wendet, befinden sich gewöhnlich die Rostschwellen unten, Zangen liegen darüber, die Zwischenräume zwischen den werden mit Bohlen ausgefüllt und diese fallen entweder i Oberfläche der Zangen in eine Ebene, oder bleiben tiefer, dem man die Zangen und Querschwellen mehr oder we einander eingelassen hat. Bei uns pflegt man die Fläche, die Mauer aufgeführt wird, möglichst eben darzustellen u daher auch beim Pfahlroste die Zangen gewöhnlich nicht ü Bohlenbelag vorstehn. Der Grund dafür ist, dafs schon die Schichten der Mauer ohne Unterbrechung und in gleiche ausgeführt werden können. Diese Rücksicht ist indessen nic sentlich, wenn man nur dafür sorgt, dafs bei Anwendung ge Steine die obere Fläche der Zangen mit einer gewissen von Schichten genau erreicht wird, die folgende Schicht al über fortläuft. Bei der mangelhaften Verbindung, die zwisch Bohlenbelage und dem Mauerwerke stattfindet, dürfte es i chen Fällen vortheilhaft sein, durch die Unebenheiten der Ro einem möglichen Verschieben der darauf stehenden Mauer vorzu

Demnächst kommen bei den liegenden Rosten in Fra noch manche andre Abweichungen vor, wie die Einfassu Rahmen, wovon bei Gelegenheit der Pfahlroste die Rede sei Zuweilen läfst man den Rost auch nur aus den Schwell dem Bohlenbelage bestehn. Eine eigenthümliche Abänderung noch darin, dafs man sogar den ganzen Bohlenbelag fortläfst. Bélidor *) bemerkt, dafs, wenn man die Rostfelder bis zum belage ausmauert, wie er dieses für nothwendig hält, un man über dem Bohlenbelage die Mauer fortsetzt, dafs also Bohlenbelag selbst überflüssig und sogar nachtheilig ist. meint gleichfalls, dafs der Bohlenbelag nur den Verband de erwerks unterbricht und daher die Festigkeit beeinträchtig Fortlassung der Bohlen scheint in der That nicht unpass sein, obgleich man dadurch sich der Gefahr aussetzt, dafs v

*) *Science des Ingénieurs.* Buch III. Cap. 9.

k einzelne Theile sich lösen und tiefer einsinken. Dieser
d ist jedoch nur während des Baues zu besorgen und
durch ein gehöriges Ausmauern der Rostfelder verhindern.
a und *b* zeigt im Grundrisse und Querschnitte den Rost
rchlasses, der auf diese Art angenordnet ist und wobei
Zangen beide Widerlager mit einander verankern *).
e andere Methode zur Verbreitung des Fundamentes, wo-
nan gleichfalls das Einsinken einzelner besonders nachgie-
tellen verhütet und den Druck, der auf solche trifft, auf die
Umgebungen überträgt, besteht in der Anwendung starker
chüttungen. Man hat dieses Verfahren in Frankreich
1 und seit längerer Zeit angewendet, in Surinam sollen aber
ebäude auf diese Art fundirt werden und die Erfahrung zeigt,
er Zweck des liegenden Rostes (mit Ausschlufs der erwähnten
cerungen) dadurch vollständig erreicht werden kann. Es
n sich hierbei aber noch die beiden wichtigen Vortheile, dafs
ndschüttung beinahe jedesmal wohlfeiler und leichter darzu-
1 ist, als der liegende Rost, und dafs die Fundirung keines-
so tief zu sein braucht, dafs sie immer unter dem niedrigsten
lwasser bleibt, denn die Festigkeit der Sandablagerung leidet
wenn sie auch abwechselnd nafs und trocken wird. Es
it nur darauf an, sie vor der unmittelbaren Berührung des
enden Wassers zu sichern.
Dafs eine Sandschüttung von angemessner Stärke den Druck
ire ganze Grundfläche vertheilt und das Einsinken besonders
belasteter oder nicht hinreichend unterstützter Stellen verhin-
läfst sich leicht nachweisen.
Der Horizontal-Druck des Sandes gegen eine verticale Wand
em Quadrate der Höhe der Schüttung proportional, voraus-
zt, dafs die Oberfläche horizontal abgeglichen ist und dafs die
d, welche den fraglichen Druck erfährt, bis zu dieser Ober-
e heraufreicht. Aus einfachen Betrachtungen, die später bei
rsuchung der Stabilität der Futtermauern mitgetheilt werden
n, ergiebt sich dieser Druck gleich

$$\frac{1}{2}\, a^2\, b\, \gamma\, A$$

*) Entnommen aus dem *Récueil de dessins rélatifs à l'Art de l'Ingénieur.* Section *I.*

wenn a die Höhe der Schüttung, b die Breite der Wand Gewicht der Raumeinheit des Sandes und A eine von de des Sandes abhängige Constante bezeichnet. Nennt man den Reibungs-Coëfficient des Sandes gegen die Wandung s die Reibung, welche die Sandschüttung gegen einen Cylin übt, gleich

$$\frac{1}{2}\pi a^2 b \gamma A$$

oder wenn der Radius des Cylinders gleich r ist, also b so wird jene Reibung

$$\pi r \pi \gamma A a^2$$

Diese Reibung läfst sich direct messen, wenn man hohle ohne Boden auf Platten stellt, dieselben mit Sand füllt, einen Wagebalken befestigt. Das Gewicht, durch welche dann gehoben werden, nach Abzug ihres eignen Gewi diese Reibung. Ich fand auf solche Art für den ei Streusand in Glascylindern

$$\pi A = 0{,}12$$

während $\gamma = 2{,}82$ Loth war, wobei der Rheinländisch Maafseinheit angenommen ist.

Der Druck, den die Schüttung im vorliegenden Fa den Boden des Cylinders ausübt, ist aber gleich dem der Schüttung, weniger dieser Reibung, also

$$r \pi \gamma a (r - \pi A a)$$

Es folgt hieraus, dafs der letzte, in die Parenthese einge Factor für eine gewisse Höhe der Schüttung gleich Nul eine noch gröfsere Höhe sogar negativ wird, das heifst, di des Sandcylinders könnte unter gewissen Umständen nich Druck auf den Boden vollständig aufheben, sondern dens noch mit einer solchen Kraft zurückhalten, dafs ein daran Gewicht davon getragen würde. Diese Schlufsfolge ist nicht richtig, da der Sandcylinder keine zusammenhänge bildet, vielmehr an jeder Stelle sich trennen kann. I Sandschicht kann sonach durch die Reibung, welche Schichten erfahren, nicht zurückgehalten werden, drück fortwährend den Boden. Wenn man in einer cylindrisch Anfangs eine sehr niedrige Sandschüttung anbringt und und nach erhöht und dabei jedesmal den Druck mifst, Boden erleidet, so ist der Druck Anfangs dem Gewichte

gleich, nimmt aber später in einem geringeren Maafse zu, als
s Gewicht, und zwar wird die relative Vergröfserung desselben
r geringer, bis sie zuletzt ganz aufhört. Sobald man diese
se erreicht hat, tritt keine Zunahme des Druckes ein, wie
n man auch die Aufschüttung fortsetzen und welche andere Be-
ng man auf dem Sande auch noch anbringen mag. Ich be-
te einen Glascylinder, dessen Radius gleich 1,02 Zoll war, und
tigte ihn vertical in der Art, dafs die obere und untere Oeff-
g frei blieb, alsdann nahm ich eine ebene Scheibe, welche die
re Oeffnung schlofs, hing sie an einen Wagebalken und brachte
durch Gegengewichte in der Schale am andern Arme ins Gleich-
icht. Nunmehr schüttete ich Sand in die Röhre, so dafs die
e der Schüttung oder a verschiedene Werthe annahm. Eine
schüttung in der andern Schale hob jedesmal im Anfange der
bachtung den Druck auf den Boden der Röhre vollständig auf.
e feine Oeffnung im Boden der Wageschale liefs indessen diesen
d, der das Gegengewicht darstellte, langsam ausfliefsen, so dafs
e sehr sanfte Verminderung des Gegendruckes erfolgte, bis end-
der Boden der Röhre nicht mehr gehörig unterstützt war und
zlich herabfiel. Sobald dieses geschah, wurde der fernere Aus-
s des Sandes aus der Schale gehemmt und das Gewicht des
h zurückgebliebenen Theiles desselben ergab den Gegendruck
die Zeit, wo der Druck auf den Boden das Uebergewicht er-
lt. Auf diese Art liefs sich der Druck sehr sicher bestimmen,
ne dafs die Wage berührt und die Gewichte durch Abheben und
setzen verändert werden durften. Es war aber auch nöthig,
nes zu vermeiden, indem die geringsten Erschütterungen schon
r bedeutende Abweichungen hervorbrachten. Die Beobachtungen
hlossen sich an die Resultate der Rechnung etwa bis auf 5 Procent
, und es ergab sich, dafs schon bei der Höhe der Schüttung von
= 4,2 Zoll der Druck den gröfsten Werth annimmt, der 19,38
th betrug.

In derselben Art benutzte ich demnächst auch eine engere
sröhre. Ihr Radius maafs 0,57 Zoll, und um dabei nicht zu
ine Gewichte zu erhalten und zugleich einige Abänderung in
Versuche zu bringen, so füllte ich die Röhre diesesmal mit
nem Schrote an. Für letzteres war

$$\gamma = 8{,}245 \quad \text{und} \quad nA = 0{,}135.$$

Das Maximum des Druckes trat diesesmal bei einer Höhe Schüttung von 2,13 Zoll ein und betrug 8,85 Loth.

Um von der gegebenen Formel auf den vorliegenden Fall wendung zu machen, mufs bemerkt werden, dafs, wenn unter ausgedehnten Sandschüttung ein Theil des Bodens schwächer stützt ist, als die gleichmäfsige Vertheilung des Druckes bei während die umgebende Grundfläche eine mehr als genü Widerstandsfähigkeit besitzt, dafs alsdann jene Stelle nicht ei einsinkt, sondern ein Theil des darauf treffenden Druckes sei wärts durch die Reibung überträgt und der Boden hier wieder die Differenz zwischen dem darüber befindlichen ganzen Ge und der Reibung tragen darf. Wenn sonach in einem Ge welches bis zur Höhe a mit Sand gefüllt ist, ein kreisför Theil des Bodens, dessen Radius gleich r ist, ausgeschnitten durch eine passende Scheibe ersetzt wird, so trifft bei gleichmä Vertheilung auf letztere ein Druck gleich

$$r^2 \pi \gamma a.$$

Die Scheibe sinkt indessen noch nicht herab, wenn sie auc dem Drucke

$$r \pi \gamma a (r - a n A)$$

Widerstand leistet. Dieses gilt aber allein für kleinere Werth a, denn das Maximum des Druckes, das bei

$$a = \frac{r}{2 n A}$$

eintritt, bezeichnet auch für höhere Schüttungen das Gewicht ches auf dem Boden lastet, und sich nicht seitwärts übe

Dasselbe ist $$= \frac{r^2 \pi \gamma}{4 n A}$$

Der Druck, dem die Scheibe Widerstand leisten mufs, t Schüttung im Gleichgewichte zu erhalten, entspricht dem Ge eines senkrechten Paraboloïds dieser Sandschüttung, das sich Umfange der Scheibe anschliefst, und dessen Höhe gleich

$$\frac{r}{2 n A}$$

ist. Zu der erzeugenden Parabel gehört aber der Parameter

$$2 r n A.$$

Bei Schüttungen, die nicht den Scheitel des Paraboloïds err

r entsprechende Druck gleich dem Gewichte desjenigen Theiles Paraboloïds, der innerhalb der Schüttung liegt.

Directe Versuche bestätigten wieder die Richtigkeit dieser lsfolgen. In zwei Messingplatten, die nach einander den Boden Schüttung bilden sollten, schnitt ich kreisförmige Oeffnungen 0,379 und 0,727 Zoll Halbmesser ein, und schlofs dieselben unten durch genau passende Scheiben, die in den Mittelpunkten h Haken unterstützt waren, welche jedesmal an einen Arm r Wage gehängt wurden. Die Scheiben und Oeffnungen mufs- sehr sorgfältig bearbeitet sein, damit theils kein Klemmen er- te, theils aber auch kein Sandkörnchen in die Fuge drang. ch mufsten die obern Flächen in eine Ebene fallen. In die e Schale wurde reichlich Sand geschüttet, um sicher das Ge- wicht zu bilden, dieses verminderte sich aber nach und nach, n der Sand durch eine feine Oeffnung im Boden abflofs.

Die Schüttung, deren Druck ermittelt werden sollte, bestand n dem eisenhaltigen Streusande, der aber nach sorgfältiger Reini- g etwas schwerer wurde. Der Cubikzoll wog 2,9 Loth. Die ssungen erforderten grofse Vorsicht, und namentlich mufste dafür sorgt werden, dafs die Ablagerung des Sandes recht gleichmäfsig r. Wenn die Höhe der Schüttung $\frac{1}{2}$ Zoll betrug, so war der ruck gegen die gröfsere Scheibe nahe dem Gewichte eines Cy- nders von derselben Höhe gleich. Ungefähr bei 1 Zoll Höhe er- reichte der Druck seinen gröfsten Werth, so wie für die kleinere heibe bei $a = \frac{1}{2}$ Zoll. Die Reibung war in diesem Falle wesent- lich anders, als bei Anwendung der Glasröhre, weil sie hier zwi- schen Sand und Sand erfolgte. Der Werth von nA variirte zwi- schen 0,31 und 0,35.

Diese merkwürdige Eigenschaft des trocknen Sandes, dafs sein Druck auf einzelnen Stellen des Bodens, der höhern Schüttung oder fernden Belastung ohnerachtet, ein gewisses Maafs nicht übersteigt, t auch sonst bemerkt worden. Im Jahre 1829 machte Huber-Burnand die Entdeckung bekannt, dafs die Sandmasse, welche durch ne Oeffnung am Boden eines Gefäfses ausfliefst, von der Druck- öhe ganz unabhängig ist. Diese Erscheinung erklärt sich voll- ständig durch die obige Herleitung. Später stellte Niel*) Versuche

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1835. *II. p.* 192.

in gröfserem Maafsstabe über den Druck an, welchen Sand auf Oeffnungen im Boden von Gefäfsen ausüben und gelangte zu Resultaten, welche sich ungefähr an die von mir gefu anschliefsen, da jedoch die Specialien nicht vollständig mit sind, so läfst sich der Vergleich nicht scharf durchführen. erklärt die Verminderung des Druckes, die sich bei gröfseren der Schüttung zu erkennen giebt, durch die Bildung von Ge in dem Sande. Diese Auffassung läfst sich indessen nicht verfolgen, auch ist sie gewifs nicht richtig, denn die Sandk lagern sich beim Niederfallen nur in der Art, dafs sie sei unterstützt sind, aber keineswegs lehnen sie sich in jeder Ric wie die Steine eines Gewölbes gegen einander, wodurch s Druck aufheben, der irgend eine freiwerdende Oeffnung im trifft. Wenn die Bildung eines Gewölbes hier überhaupt d wäre, so könnte sie erst eintreten, nachdem beim Ausweich darunter befindlichen Sandmasse die betreffenden Theilchen sammengerückt sind.

Aus dem Angeführten ergiebt sich, dafs eine Sandsch wie Fig. 141 dargestellt ist, den liegenden Rost ersetzt, sie zwar keineswegs einer Senkung überhaupt, oder auch nur ungleichmäfsigen Senkung vorbeugen, was man vom liegenden R gleichfalls nicht erwarten darf, aber sie bildet eine feste Sohle Baugrube, worauf man die Fundamentmauer aufführen kann, o die einzelnen Steine derselben der Gefahr auszusetzen, dafs sie gleichmäfsig versinken, und wenn überdies der Grund an einz Stellen besonders weich oder die Belastung sehr grofs sein so so wird der Druck sich nach Maafsgabe der Tragfähigkeit Bodens vertheilen, wodurch ein theilweises Einsinken innerh gewisser Grenzen vermieden wird. Die Wohlfeilheit und Da der Sandschüttungen sind bereits erwähnt worden. Die Schütt gewährt noch einen andern Vortheil, dafs sie sich nämlich gesch sen ablagert und alle Unebenheiten genau ausfüllt. Begi man sie mit Wasser, welches sich von oben nach unten du sie hindurchzieht, so wird sie um so compacter und wenn nur wenig feucht ist, so kann man sie durch Abrammen noch fe lagern.

Eine wichtige Anwendung dieser Fundirungsart wurde

i Canale St. Martin in Paris gemacht *). Die Kaimauern dieses
ales stellte man, so viel es möglich war, unmittelbar auf den
stein, den man gewöhnlich in einer nicht grofsen Tiefe antraf,
ß zuweilen konnte man ihn nicht erreichen und man war als-
n gezwungen, die Mauer auf den aufgeschütteten und grofsen-
ls sehr ungleichmäfsigen Grund zu stellen. So sah ich (1823)
n Fundamentgraben in der Sohle fest anstampfen und darüber
e Sandschüttung von 3 Fufs Höhe aufbringen, worauf alsdann
i Mauer unmittelbar aufgeführt wurde **). Im Jahre 1830 stellte
n in gleicher Art die Säulen der Vorhalle des Wachtgebäudes
Bayonne auf Sandschüttungen, und im folgenden Jahre wurde
ndaselbst diese Fundirungsart beim Bau eines Bastions auf auf-
schüttetem, sehr weichem Boden wiederholt. Der letzte Versuch
gte ein sehr starkes und ungleichmäfsiges Setzen, was indessen
von herrührte, dafs der lose Untergrund nicht überall gleich
chtig war. An der einen Seite berührte die Sandschüttung bei-
he den gewachsenen Boden, während sie auf der andern etwa
Fufs davon entfernt blieb, und so geschah es, dafs sie dort gar
cht und hier sehr stark sank, was bei einem liegenden Roste
ch der Fall gewesen sein würde. In und bei Paris sind seitdem
elfache Anwendungen dieser Fundirungsart gemacht worden, eine
r wichtigsten unter denselben kam bei der Erbauung des Hauses
nes Canalwärters im sumpfigen Thale der Beuvronne vor, wo
r Boden aus Torf bestand. Man brachte hier eine 6 Fufs hohe
ndschüttung auf, welche das Gebäude auch ohne alle Spuren
ner ungleichmäfsigen Senkung trug.

In neuerer Zeit haben die Sandschüttungen auch in Deutsch-
nd mehrfache Anwendung gefunden. Das Empfangsgebäude der
amburger Bahn in Berlin, über einem losen Wiesengrunde erbaut,
ht auf einer mächtigen künstlichen Sandschüttung und hat sich
i vollkommen gutem Zustande erhalten. Bei Anlage des Bahn-
ofes in Emden wurden über diese Fundirungsart vielfache Ver-

*) *Sur la fondation sur sable. Note par Devilliers. Annales des ponts chaussées.* 1835. *II. p.* 404.

**) Beschreibung neuerer Wasserbauwerke. S. 169.

suche angestellt, deren Resultate den obigen Mittheilunge sprechen *).

Zuweilen hat man versucht, den Sand durch Uebergi mit Kalkmilch zu binden, der Erfolg ist indessen wohl mer nur sehr geringe geblieben, so lange man nicht so Kalkmassen ansetzte, dafs sich ein wirklicher Mörtel bilden k wie dieses neben den Kalkgruben für ausgedehnte Bauten zwar im Sandboden zuweilen der Fall ist. Ein solches Verfa absichtlich gewählt, würde schon den Uebergang zu den Fundir in Béton bilden.

Man hat von den Sandschüttungen noch eine andere An dung gemacht, die freilich nicht mehr dem liegenden, vielmehr Pfahlroste entspricht, die jedoch mit dem Vorstehenden so zusammenhängt, dafs davon hier am passendsten die Rede wird. Die Bauten im Arsenale zu Bayonne verlangten wegen losen Untergrundes einen Pfahlrost, und da wegen der hohen Preise von der Anwendung sehr langer Pfähle abgesehn w mufste, so machte man den Versuch, diese Pfähle, nachdem sie gerammt waren, wieder auszuziehn und die Löcher, worin sie

steckt hatten, mit Sand auszufüllen. Aus Furcht, dafs der S zu weit versinken möchte, schlug man aber noch mittelst k kürzerer Pfahlspitzen hinein, auf welchen der Sand auflag. die in solcher Art gebildeten Sandcylinder stellte man unmitt dar unteren Banket der Mauern, wie Fig. 142 zeigt **). Das Verfahren hat man auch später benutzt, jedoch mit dem U schiede, dafs man das Eintreiben der Pfahlspitzen unterliefs statt des Sandes hydraulischen Béton anwendete, den man fest stampfte.

Man darf wohl nicht erwarten, dafs diese Sandpfähle die aus reinem Sande gebildeten Säulen eine irgend merk Tragfähigkeit besitzen sollen. Wenn es auch wirklich gl das Loch, das der eingerammte Pfahl gebildet hat, bis zum schütten des Sandes offen zu erhalten, so füllt es sich doch

*) Zeitschrift des Hannoverschen Architecten- und Ingenieur-Ve XI, Seite 154.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1835. *II. p.* 172.

r an und der hineinfallende Sand lagert sich ganz lose, oder Triebsand. Er ist überdies durch keine feste Wand einlossen, und kann also mit Leichtigkeit nicht nur abwärts, rn auch zur Seite ausweichen. Ein geringer Erfolg dabei nur denkbar, wenn der Boden schon an sich nahe die erliche Tragfähigkeit besäfse, und diese demselben durch die pression beim Einrammen der Pfähle und durch die geringe röfserung der festen Masse beim Hineinschütten des Sandes ichend gegeben werden könnte. In diesem Falle müfsten die Pfähle ziemlich nahe neben einander gestellt werden, hierdurch, so wie durch das Einrammen und Wiederausziehn elben möchten die Kosten sich so sehr steigern, dafs diese dirungs-Art vergleichungsweise gegen andre kaum noch einen heil bieten würde.

Das Verfahren hat, soviel bekannt, in neuerer Zeit keine wei- Anwendung gefunden, und wäre daher hier gar nicht zu erwähnen gewesen, wenn es nicht bei Deichanlagen auf losem nde mehrfach, und zwar angeblich mit grofsem Nutzen, gelt wäre. Solche Sandpfähle sollen nach verschiedenen, in der vinz Preufsen gemachten Erfahrungen das starke Sacken Deiche verhindert haben. Ich mufs mich begnügen, diese sicht historisch mitzutheilen, da keine sicheren Messungen rtheilen lassen, welchen Erfolg die Sandcylinder wirklich beiführten.

Endlich mufs noch von den Steinschüttungen die Rede ı, die man zuweilen anwendet, um grofse Bauwerke darauf zu len, sie finden indessen weniger bei einem losen und nachgieen Baugrunde ihre Anwendung, als vielmehr da, wo die Wasser- e sehr grofs ist und der Wellenschlag jede andere Fundirungs- sehr schwierig macht. Die wichtigsten Beispiele dieser Art d bei Seehäfen vorgekommen. So wurde der Damm, der die ede von Cherbourg sichert, durch eine lose Steinschüttung gelet, doch zeigten die eben daselbst gemachten Erfahrungen, dafs che Werke, wenn sie einem starken Wellenschlage ausgesetzt d, keinen sichern Untergrund bilden. Die in der Mitte dieses mmes angelegte Batterie wurde nach wenig Jahren bei einem tigen Sturme vollständig zerstört. In welcher Art man durch

Anwendung von grofsen Blöcken die Steinschüttungen gegen Wellenschlag sichern kann, ist im dritten Theile dieses W bei Behandlung der Hafendämme mitgetheilt. Es ist aber hi erwähnen, dafs man zuweilen auch grofse Bauwerke auf s mäfsig versenkte Steinblöcke fundirt hat.

Ein Fall dieser Art kam bei Inverness vor. Man woll selbst einen Hafendamm (*Pier*), der zum Anlegen der Schi stimmt war, im Ness-Flusse erbauen, und indem die Geld ziemlich beschränkt waren, so schlug Telford die folgende e thümliche Construction vor, die auch wirklich gewählt w Das Flufsbette, welches 4 Fufs unter dem niedrigsten Wass bestand aus einer festen Ablagerung von grobem Kiese und und der Hafendamm, an dessen innerer Seite die Schiffe, ve Wellenschlage gesichert, zur Zeit des Hochwassers anlegen s erhielt die Länge von 160 Fufs und die Breite von 8 Fufs. Anfang wurde damit gemacht, dafs man in der Richtung Dammes das Bette 2 Fufs tief ausbaggerte. Alsdann wurde jeder Seite in 20 Fufs Abstand von einander schwache P von 12 Fufs Länge eingerammt, und je zwei gegenüberste Pfähle verband man in der Höhe der gewöhnlichen Ebben d seitwärts angenagelte Bohlen und schnitt die vorstehenden Pf köpfe ab. Auf diese Bohlen nagelte man Halbhölzer, welche Holme für die Pfahlreihen bildeten. An der innern Seite die Holme rammte man endlich in weiten Zwischenräumen von bis 12 Zoll Dielen ein, die nur wenige Zolle tief in den Bod eindrangen. Auf solche Art war der ganze Raum, der mas ausgemauert werden sollte, umschlossen, und nunmehr versen man darin die regelmäfsig bearbeiteten Steine, indem man möglichst genau schliefsend an einander stellte und durch A wechselung der Fugen auch für einigen Verband sorgte. D Versenken geschah mittelst der später zu beschreibenden W richtung, der Wolf genannt, wodurch jeder Stein nur in se Oberfläche gefafst und selbst unter Wasser leicht gelöst wer konnte. Nachdem mehrere Schichten grofser Werkstücke so v setzt waren, erreichte man den Wasserstand der Ebbe und d folgende Theil des Baues wurde als gewöhnliches Mauerwerk Mörtel ausgeführt. Im Jahre 1815 hatte man den Damm erb und das Werk hielt sich so gut, dafs vier und zwanzig Jah

noch keine Spur von einer Beschädigung sich darin zu
n gab *).
r den Hafendamm bei Ardrossan wählte Telford eine etwas
ende Fundirungsart. Die Unebenheiten, welche der Fels-
hier zeigte, wurden durch Schichten von aufrechtgestellten
cken von 6 bis 10 Fuſs Höhe und 3 Fuſs Breite aus-
en. Diese Blöcke versetzte man mit der Teufelsklaue unter
und zwar so, daſs sie sämmtlich sich gegen einander lehn-
l deshalb eine schräge Stellung erhielten. Von aufsen um-
e eine Schüttung groſser Steine.
aſs man auf weichen und thonigen Untergrund zuweilen eine
von Steinen bringt, die gewöhnlich 3 bis 4 Zoll im Durch-
r haben, und dieselben fest einrammt, ist bereits erwähnt
n. Es findet hierbei indessen auch eine Verbreitung der
den Fläche statt, wenn das Pflaster an beiden Seiten vor
undament tritt, und man legt zuweilen mehrere solcher Stein-
ten möglicht geschlossen über einander, rammt sie jedesmal
n, und füllt die Fugen mit Sand aus, worauf man endlich
i Einschlämmen von Sand noch diejenigen Räume zu dichten
, die vielleicht offen geblieben waren **). Es ist kaum zu ver-
en, daſs diese Methode einen Vorzug vor der oben beschrie-
i Sandschüttung haben sollte.

§. 34.
Der Pfahlrost.

Der Pfahlrost findet seine eigentliche Anwendung, wenn der
Boden, der mit Sicherheit das Gebäude tragen kann, zu tief
, um das Fundament unmittelbar darauf zu stellen, vielmehr
lose Erdschicht sich darüber befindet, die keinen sichern Bau-
d bildet. Indem die Pfähle die letztere durchdringen und mit
n Fuſse auf der festen Schicht aufstehn, oder in dieselbe ein-

*) *Theory, practice and architecture of bridges. Sect. VI. p.* 17. Da-
st ist auch der Hafendamm bei Ardrossan beschrieben.
**) Crelle's Journal, Bd. III. S. 484.

greifen, so übertragen sie auf diese den Druck des Gebäudes und geben dadurch dem letzteren eine sichere Unterstützung. Häufig wendet man indessen den Pfahlrost auch da an, wo der Baugrund durchweg von gleichmäfsiger Beschaffenheit ist, oder wo die Spitzen der Pfähle keine festere Schichten erreichen, als diejenigen sind, welche sie bereits durchdrungen haben. In diesem Falle kann nur die Reibung, welche das umgebende Erdreich gegen die Pfähle ausübt, den stärkeren Widerstand erzeugen, und man pflegt aus der Leichtigkeit, womit der Pfahl unter der Ramme eindringt, auf die Gröfse der Last zu schliefsen, welche man darauf stellen kann. Im folgenden wird die Tragfähigkeit der Grundpfähle näher untersucht werden, zunächst aber ist die Anordnung des Pfahlrostes und seine Construction zu beschreiben.

Für den Pfahlrost gilt die Bedingung, welche für den liegenden Rost bereits angeführt ist, dafs er nämlich immer unter dem Grundwasser sich befinden mufs. Man weicht von dieser Regel zuweilen insofern ab, als man annimmt, dafs der Boden umher, wenn er vor dem Zutritte der Luft geschützt ist, nicht so schnell austrocknet, und namentlich erwartet man dieses von einer zähen thonigen Erde. Ein Beispiel hiervon giebt die Victoriabrücke über den Flufs Wear auf der Durham-Verbindungseisenbahn, wo man den Pfahlrost des linken Widerlagspfeilers für den 100 Fufs gespannten Bogen auf dem hohen Ufer etwa 50 Fufs über dem Wasserspiegel angebracht hat. Dergleichen Abweichungen haben indessen häufig sehr unangenehme Verlegenheiten herbeigeführt, und vielfach mufsten Gebäude allein aus diesem Grunde abgetragen werden. Die Vergänglichkeit eines solchen Rostes zeigt sich aber nicht nur in einem leichten Boden und in grofser Höhe über dem Wasser, sondern zuweilen auch an solchen Stellen, wo kein vollständiges Austrocknen des umgebenden Grundes stattfindet. In dem sandigen aufgeschwemmten Boden bei Danzig, und zwar in der Tiefe von 8 Fufs unter der Oberfläche des Terrains und nur in geringer Höhe über dem Wasserspiegel der nahegelegenen Mottlau, sah ich das Holz eines Rostes vollständig verzehrt, so dafs man leicht mit einem Stocke hindurchstiefs. Wenn es sich aber trifft, dafs man bei einem alten Gebäude eine solche unpassende Lage des Rostes entdeckt, die seine Zerstörung in Kurzem erwarten läfst, so mufs man Sorge tragen, durch eine dichte Umgebung mit fettem Thon

hn möglichst sicher zu stellen. Es ereignet sich dieser Fall selten bei den Fundamenten der Brückenpfeiler, und man in solchem Falle durch Spundwände ringsumher einen Kasten stellen, der mit einem Thonschlage gefüllt wird. Es mag auch noch an die Erfahrung erinnert werden, die man in nne gemacht hat und die eben zu der oben (§. 33) erwähnten ndung des Sandes Veranlassung gab. Die Rostschwellen von nholz hatten, obgleich sie in der Höhe des mittleren Wasserles lagen und einen Fufs stark waren, doch so gelitten, dafs eim Aufschlagen in eine Menge Splitter zerbrachen, und kleine ne Pfählchen, die wahrscheinlich zur Befestigung des Grundes trieben waren, konnte man mit dem Spaten durchstechen. i diesen Erfahrungen, die sich oft genug wiederholen, darf wohl annehmen, dafs es jedesmal ein sehr gewagter Versuch einen Rost, der über dem niedrigsten Wasserstande liegt, bedig nafs zu erhalten und ihn vor Fäulnifs oder vor Verrottung ichern. Bei Neubauten mufs es daher immer als Regel gelten, solche Gefahr nicht eintreten zu lassen und den Rost so tief egen, dafs er unter allen Umständen stets vom Grundwasser ckt bleibt.

Nach manchen Erfahrungen ist es selbst zweifelhaft, ob diese sicht in allen Fällen genügt, um das Holz unversehrt zu eren. Als der schadhafte Stirnpfeiler einer kleinen Brücke über Bach Gélise in den Landes der Provinz Gascogne wieder hergellt werden sollte, fand man den alten Pfahlrost, obwohl dere den niedrigsten Wasserstand des Baches nicht überragte, dauernd unter Wasser geblieben war, doch so verrottet, dafs ohl der Rost selbst, wie die Pfähle, die ihn trugen, mit dem ten leicht durchstochen werden konnten. Es zeigte sich auch, bei andern Bauwerken in dortiger Gegend dasselbe geschehn . Die Ursache dieser Erscheinung soll die Zersetzung der anischen Bestandtheile des Bodens sein, wobei ein Ferment bildet, das bei der Berührung des Holzes auch dieses, und r selbst unter Wasser in Fäulnifs versetzt *). Wird das Holz egen von fliefsendem Wasser unmittelbar berührt, so zeigen fache Erfahrungen, dafs seine Oberfläche mit der Zeit ange-

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1857. *I. p.* 122 und 369.

griffen wird, und sich vollständig aufzulösen scheint, da die Z… und selbst die vortretenden Pfähle nach mehreren Jahrz… auffallend geringere Dimensionen annehmen.

Die Holzart, die zu den Pfählen vorzugsweise gewählt … ist Kiefernholz, doch ist auch die Anwendung des Eichenh… wo dasselbe wohlfeil zu haben ist, nicht ungewöhnlich, sowie … auch Ellern-, und jedes andere feste Holz dabei zuweilen be…

Es ist schon früher (§. 32) darauf aufmerksam gemacht … den, dafs jedes Fundament in derjenigen Richtung den h… chenden Widerstand leisten mufs, in welcher der Druck w… Diese Regel findet besonders Anwendung auf den Pfahlrost, … namentlich in dem Falle, wenn die Pfähle den festen Grund … mit der Spitze erreichen und mit dem gröfsten Theile ihrer L… in losem Boden stehn, oder wenn sie vielleicht sogenannte L… pfähle bilden, welche den Rost weit über dem Boden tragen, … bei Brücken zuweilen geschieht. Wie wichtig die Vorsicht in d… Beziehung ist, hat sich besonders an der bereits erwähnten … siven Brücke über die Loire bei Tours gezeigt. 1765 begann … Bau. 1777 stürzte schon ein Pfeiler ein und man schrieb die Sch… der schlechten Beschaffenheit der Grundpfähle zu, die drei Ja… lang nach der Ablieferung auf dem Bauplatze gelegen hatten. D… wichtigste Ereignifs trat aber im Jahre 1789 ein, nämlich b… Eisgange wurden vier Brückenbogen zerstört. De Cessart m… dafs der Stofs des Eises sie umgeworfen habe, doch bestätigte … dieses nicht nach den Untersuchungen, die Beaudemoulin darü… anstellte *), denn die Brücke stand noch acht Stunden, nachdem … Eisgang aufgehört hatte, als sie plötzlich etwa auf den drit… Theil ihrer Länge zusammenfiel. Die Ursache davon lag aber … den Rostpfählen, die nicht gehörig unterstützt waren. Der f… Felsgrund (ein Tufstein) erreichte gerade an dieser Stelle se… gröfste Höhe, und um das Einrammen der Pfähle zu erleichtern … hatte man die Baggerung so weit getrieben, dafs die Pfähle n… 4 Fufs im aufgeschwemmten Boden standen, der ihnen allein ein… Haltung geben konnte, da ihre Spitzen nur den Felsen berührt… Gegen seitliches Ueberweichen waren sie um so weniger geschü…

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1839. *II. p.* 86 ff.

öglicher Weise die lose Erde vielleicht beim Eisgange noch
er ausgewaschen war, als man später bemerken konnte.
Auch bei gleichmäfsigem Grunde, der in seinen obern Schichten
besonders lose ist, bleibt der Widerstand, welchen die Pfähle
n Seitwärtsschieben und einem Verbiegen entgegensetzen, ziem-
unbedeutend, und es kommt daher darauf an, einem solchen
lge durch andere Mittel vorzubeugen. Hierher gehört zunächst
möglichst innige und solide Verbindung des ganzen Rostes,
wenn es geschehn kann, auch die gegenseitige Verbindung
verschiedenen Roste, die unter den einzelnen Theilen des Ge-
des liegen. So ist es z. B. sehr vortheilhaft, die Roste unter
beiden Widerlagern eines Bogens mit einander zu verankern.
können indessen auch in anderer Art Trennungen erfolgen.
rher gehört die bereits oben (§. 31) erwähnte Erscheinung, dafs
er der Last einer hohen Dammschüttung die zwischen den Rost-
hlen befindliche Erde an der allgemeinen Bewegung Theil nimmt,
l die Pfähle nach der einen und der andern Seite drängt.

Nicht selten ist die auf dem Pfahlroste stehende Mauer einem
rken Seitendrucke ausgesetzt. Dieses geschieht namentlich, wenn
das Widerlager eines weit gespannten Bogens bildet, oder wenn
gen sie als Futtermauer eine hohe Erdschüttung sich lehnt. In
lchem Falle setzt der Seitendruck sich auch auf den Rost und
e Pfähle fort, und letztere würden, besonders wenn sie auf grofse
inge entweder ganz frei, oder in lockerem Boden stehn, diesem
ucke nicht Widerstand leisten, vielmehr sich seitwärts neigen.
n dieses zu verhindern, hat man verschiedene Mittel angewendet.
n passendsten ist es gewifs unter diesen Umständen, die sämmtlichen
estpfähle nicht vertical, sondern schräge, und zwar in der Rich-
ng desjenigen Druckes zu stellen, der sich aus dem verticalen
d horizontalen zusammensetzt. Der Druck trifft sie alsdann in
er Achse, und es ist keine weitere Kraft vorhanden, die sie
itwärts drängt. Das Einrammen der Pfähle in schräger Rich-
ng, die sich etwa 20 bis 30 Grade von der des Lothes ent-
nt, verursacht aber wenig Schwierigkeit, wenn die Läuferruthe
r Ramme beliebig geneigt werden kann.

Man hat in England dieses Verfahren häufig angewendet. So
rden die Rostpfähle unter den Stirnpfeilern der Southwark- und
r neuen London-Brücke schräge eingerammt, und man findet

mehrfache Beispiele dafür unter den neuesten englischen Brückenbauten. Für die Roste der Kaimauern, welche durch den Druck der Erde eine horizontale Pressung erleiden, ist die schräge Stellung der Pfähle sogar ganz gewöhnlich geworden. Fig. 143 zeigt die Fundirung des einen Widerlagspfeilers der neuen London-Brücke *) und es mufs dabei bemerkt werden, dafs die an der innern Seite vorgerammte Spundwand gegen den Lehrbogen versteift wird, weil sonst die Gefahr eintreten möchte, dafs gleich beim Bau die ersten Schichten des Pfeilers herabgleiten, indem die horizontale Pressung, welche sie dagegen sichert, erst eintritt, sobald der ganze Bogen geschlossen und ausgerüstet ist. Die Spannungen der Bogen dieser Brücke betragen 130 bis 152 Fufs. Fig. 144 stellt dagegen das Profil der Kaimauer dar, welche das Verbindungsdock in Hull umgiebt **).

Vielfach giebt man nicht allen Pfählen, sondern nur der vorderen Reihe derselben, oder auch wohl nur einzelnen Pfählen eine schräge Stellung. Diese müfsten, wenn der Horizontaldruck das Gleichgewicht stören sollte, sich aufrichten, also in ihren Köpfen eine höhere Lage annehmen und sonach die darauf ruhende Last heben. Um dieses zu vermeiden, mufs man dafür sorgen, dafs die Mauer sie hinreichend beschwert. Figur 213 auf Tafel XVI zeigt das Profil der Hafenmauer in Geestemünde, die auf einem Pfahlroste steht, in welchem zwischen den durch kurze Schwellen verbundenen Querreihen schräge Pfähle eingerammt sind, welche abwechselnd die vordere und die hintere Langschwelle mit Klauen umfassen. Indem sie vor die vordere Pfahlreihe weit vortreten, so konnte die Spundwand nicht vor den Rost, sondern mufste hinter denselben gestellt werden, und dieses war hier ohne Nachtheil, da die Erdböschung sich hinreichend erhebt, um das Ausspülen der Erde zwischen den Pfählen zu verhindern. Zur Erklärung der Figur mag noch hinzugefügt werden, dafs man, um die Kosten zu vermindern, in der Mauer Oeffnungen von 9 Fufs Länge, 5 Fufs Breite und 8 Fufs Höhe frei gelassen hat, die rückwärts durch eine 1 Stein starke horizontal gespannte Kappe geschlossen und

*) *A practical treatise on bridge-building by Cresy.* London 1839.

**) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I. p. 34.*

t sehr verlängertem Mörtel gefüllt sind. Zwischen je zweien Oeff-
gen ist die Mauer in 5 Fuſs Breite voll hindurchgeführt.

Ein anderes Verfahren, wodurch man das Ueberweichen der
pfähle verhindert, bezieht sich auf eine gegenseitige Ab-
ifung derselben unter einander. Durch hölzerne Verbandstücke
t sich dieser Zweck nicht erreichen, weil man alsdann die Bau-
e bis zu grofser Tiefe trocken legen müfste, der zwischen die
le versenkte Béton wirkt indessen nach seinem Erhärten in
her Weise und stellt sogar die Absteifung in jeder Richtung,
sehr vollständig dar. Diese Constructions-Art gewährt noch
e wichtige Vortheile. Die Spundwand kann und muſs sogar
den Rost gestellt werden, und die Bétonschüttung, welche den
lichen Boden, wie tief derselbe auch unter Wasser liegen mag,
tändig überdeckt und daher gegen Ausspülung sichert, darf
ohne Nachtheil bis zum niedrigsten Wasserstande und selbst
diesen hinauf geführt werden. Sie findet sichere Unterstützung
auf dem Untergrunde und theils auf den Pfählen, und zwar
len letztern ebensowohl in den Köpfen, wie in Folge des ge-
n Anschlusses auch an ihren Seitenflächen. So bietet dieses
l Gelegenheit, die Trockenlegung der Baugrube ganz zu um-
. Nachdem die Rammarbeiten beendigt sind, schneidet man
Pfähle einige Fuſs tief unter dem niedrigsten Wasser ab und
die Bétonschüttung, die sowohl unter wie über Wasser ein
s Mauerwerk bildet, so hoch hinauf, bis die eigentliche Maurer-
it beginnen kann. In dieser Weise ist die Kaimauer an der
neben dem Bahnhofe in Stettin ausgeführt und hat sich nun-
bereits 30 Jahre hindurch unversehrt erhalten. Im Pillauer
n ist in neuster Zeit dieselbe Fundirungsart der Hafenmauern
Ausführung gekommen.

Verankerungen der Pfahlroste durch Erd-Anker, die rück-
s in den Boden greifen, sind nicht üblich, wiewohl sie bequem
nführen wären, auch ihrer Anwendung kein wesentliches Be-
:en entgegenstände. Andrerseits werden aber nicht selten die
erseitigen Roste unter den Widerlags-Pfeilern der Brücken mit
nder verankert, wie Figur 150 auf Tafel XII zeigt.

Was die Anordnung der Pfahlroste betrifft, so werden die
le reihenweise eingerammt, und auf die Köpfe derselben legt
gewöhnlich zunächst die Rostschwellen, welche durch

Zangen mit einander verbunden werden. Figur 145 auf Tafel X zeigt einen solchen Rost. Die Entfernung der Pfahlreihen von einander, und zwar von Mitte zu Mitte, beträgt nach Maafsgabe des Gewichtes der darauf ruhenden Mauern $2\frac{1}{2}$ bis 4 Fufs. Die Entfernung der einzelnen Pfähle in jeder Reihe ist aber gewöhnlich etwas gröfser. Die Pfähle werden mit Zapfen versehn, um diese genau in gleicher Höhe anzubringen, läfst man das Wasser in der Baugrube so hoch steigen, als die obere Fläche der Zapfen liegen soll. Die Höhe wird an allen Pfählen bezeichnet, und nachdem das Wasser wieder ausgepumpt ist, schneidet man die vorstehenden Enden der Pfähle ab und schnürt darauf die Zapfen von 2 bis 3 Zoll Breite und 6 Zoll Länge ab, die alsdann in einer Höhe von 3 bis 4 Zoll ausgeschnitten werden. Diejenigen Pfähle, auf welche die Stöfse der Schwellen treffen, erhalten Zapfen von der ganzen Breite der Pfähle, um jedesmal beide Enden der Schwellen sicher zu fassen. Zu den Schwellen wählt man recht lange Hölzer, um die Anzahl der Stöfse möglichst zu vermindern. Sie liegen gemeinhin nach der Länge des Baues, woher man sie auch Langschwellen nennt. Man versieht sie nur mit Zapfenlöchern für die Zapfen der Pfähle, ohne sie darauf weiter zu befestigen, weil ein Abheben undenkbar ist. Im Stofse kann nicht füglich ein Hakenkamm, wie bei dem liegenden Roste, angebracht werden, weil der Zapfen sich hier befindet, und sonach diejenige Stelle in der Schwelle, wo gerade die meiste Tragfähigkeit erforderlich ist, nicht gehörig sicher wäre. Bei dem liegenden Roste kommen solche besonders stark belastete Stellen nicht vor, indem derselbe in seiner ganzen untern Fläche und selbst gegen den Bohlenbelag unterstützt wird, während beim Pfahlroste die Pfahlköpfe allein die tragenden Flächen bilden und die Schwellen den ganzen Druck der Mauer auf diese übertragen. Aus diesem Grunde werden die Schwellen in den Stöfsen nur stumpf abgeschnitten, und erhalten die nöthige Verbindung durch eiserne Klammern. oder noch besser durch eiserne Schienen, die seitwärts aufgenagelt werden, doch müssen diese Schienen wenigstens $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ Zoll stark sein, auch mit Nägeln von 8 bis 9 Zoll Länge befestigt werden. Man schlägt die Nägel so ein, dafs man sie beim Einstellen mit der Spitze an den äufsern Rand des Nagelloches drückt, wodurch sie beim fernern Eindringen wegen ihrer zunehmenden Stärke die Schiene nach

, oder die Schwelle nach dem Stofse hin pressen. Dafs die e in den Schwellen wieder gehörig abwechseln müssen, darf a erwähnt werden.

Die sämmtlichen nebeneinander liegenden Schwellen erhalten nächst ihre Verbindung unter einander durch eine zweite Lage Verbandstücken, welche sie rechtwinklig kreuzen. Dieses sind Zangen oder Querschwellen. Ein Verschieben der letztern h der Länge der Rostschwellen ist gewöhnlich ganz undenkbar l wird überdies durch die zwischenliegenden und aufgenagelten blen verhindert. Die Schwelle braucht also nicht eingeschnitten werden und die Ueberschneidung wird allein in der Zange anracht, wodurch die Rostschwellen im gehörigen Abstande von ander gehalten werden. Eine möglichst sorgfältige Ausfüllung l bei wichtigen Bauten eine Ausmaurung des Raumes in den tfeldern ist auch hier nothwendig. Gewöhnlich hebt man, nachm die Pfähle eingerammt sind, den Grund 1 bis 2 Fufs unter m Roste aus, wodurch das Anschneiden der Zapfen erleichtert rd, und bringt einen Lehmschlag darüber, auf welchem die Ausmrung ruht, die zwischen den Schwellen bis zu deren oberer iche hinaufreicht. In Figur 145 *d* ist eine solche Anordnung rgestellt, wobei der Rost wieder eine ebene Fläche bildet, indem e Zangen so weit eingeschnitten sind, dafs sie nur die Stärke r Bohlen behalten und mit diesen bündig liegen. Es rechtfertigt h eine solche Anordnung insofern, als bei einer gleichmäfsigen rtheilung des Druckes die Zangen keine gröfsere Last zu tragen ben, als die Bohlen, die Bohlen selbst müssen jedoch in diesem lle auch so stark gewählt werden, dafs sie mit Sicherheit den ruck tragen können und nicht etwa zwischen den Balken brechen. ndlich ist zu erwähnen, dafs die Bohlen auch hier fest genalt werden. Die ganze beschriebene Anordnung ergiebt sich aus g. 145. *a* ist nämlich der Grundrifs des Rostes in den verhiedenen Bauperioden, und da, wo die Schwellen noch nicht mit n Zangen versehn sind, liegt eine solche umgekehrt darüber. g. 145 *b* ist die Ansicht von der Seite und *c* und *d* sind zwei nerschnitte, von denen der erste durch eine Zange und der letzte rch eine Bohle gelegt ist.

Wenn gleich die beschriebene Construction bei uns die übliche t, so kommen doch manche Modificationen vor, die in Fig. 146

dargestellt sind. Zunächst bemerkt man hier, dafs die Pf
den einzelnen Reihen sich nicht gegenüber stehn, sonder
setzt sind. Dieses begründet sich dadurch, dafs die Pf
gleicher Entfernung von einander eine gleichmäfsigere Com
des Bodens bewirken. Durch die zuerst eingerammten Pfä
nämlich schon der Boden ringsumher verdichtet und das
gen der folgenden erschwert, und zwar geschieht dieses
mehr, je näher die Pfähle neben einander stehn. Der Wi
den die letzten Pfähle dem Eindringen entgegensetzen, b
aber keineswegs ihre Tragfähigkeit, denn nach und nach
sich die im Boden hervorgebrachte Spannung einigermaafse
aus, und alsdann behält derjenige Pfahl eine geringere T
keit, der nahe an einem andern eingerammt wurde.
versetzten Pfähle nicht immer unter die Zangen treffen,
doch bleibt dieser Umstand in Bezug auf die Festigkeit de
ziemlich gleichgültig. Ferner ist in der letzten Figur au
eine andere Verbindung der Zangen gegen die Schwellen,
mit einer geringeren Verkämmung, dargestellt. Der Bol
liegt hier tiefer, als die Oberfläche der Zangen, was ke
als nachtheilig angesehn werden darf. Diese Construction
noch einigen Vortheil in Bezug auf die Festigkeit gewähren
solche Zangen nicht so leicht einbiegen.

Endlich mufs bemerkt werden, dafs man bei einer Ver
in der Richtung des Rostes dieselben Verbandstücke, we
einen Theil Schwellen waren, in dem andern als Zangen üb
läfst, ebenso wie dieses Fig. 139 für den liegenden Ros
stellt ist.

Beim Pfahlroste ist die Anbringung einer Spundwa
gewöhnlich. Ihr Zweck ist wieder kein andrer, als derjen
schon für den liegenden Rost angedeutet wurde, nämlich
die Verminderung des Wasserzudranges während des Ba
sodann die Zusammenhaltung des Erdkörpers, welcher das
tragen soll. Da aber hier ein tieferes Einsinken durch ferne
pression des Bodens nicht stattfinden darf, so ist eine inni
bindung der Spundwand mit dem Roste nicht mehr als na
anzusehn und man erreicht dadurch noch den Vortheil, d
auch unter dem Roste Spundwände anbringen kann,
Durchdringen der Quellen sicher verhindern, besonders we

s mit einem festen Thonschlage umgiebt. Dieses ist vorzugs- sie in dem Falle wichtig, wenn das Gebäude ein Wehr oder e Schleuse ist oder überhaupt einen höheren Wasserstand gegen en tieferen begrenzt und als Stauwerk dient.

Wenn der letzterwähnte Fall nicht eintritt und die Spundwand r den Rost umgeben soll, so erhält sie die passendste Stelle fserhalb der vordern Pfahlreihe, weil sie nur hier für die mtlichen Pfähle die erwähnten Vortheile herbeiführen kann, l man thut sogar wohl, sie nicht gar zu nahe an diese zu stel- , weil das Einrammen der Pfähle durch sie schon erschwert rde. Jedenfalls mufs die Spundwand zuerst ausgeführt werden, l sie sonst in den bereits stark comprimirten Boden nicht regel- ig und tief genug eindringen würde, man läfst sie aber einige s hoch über den Rost vorragen, so dafs der dahinter ange- chte Thonschlag die Stelle eines niedrigen Fangedammes ver- t. Die Zangen und Bohlen des Rostes treten so weit vor, s sie bis zur Spundwand reichen und sonach die ganze einge- lossene Erdmasse, sowie auch den Thonschlag und dessen bermaurung vollständig bedecken. Fig. 147 Taf. XII zeigt diese ordnung. Die schwache Spundwand ist mit keinem Fach- ume, das heifst mit keinem Rahmstück versehn, das auf ihr t, und worin alle Spundpfähle verzapft sind, sie wird vielmehr r durch die an beiden Seiten dagegen lehnenden und mit ein- ler verbolzten Zangen zusammengehalten. In vielen Fällen ist jedoch nicht statthaft, die Spundwand vor den Rost vortreten lassen, auch ist bei gröfserer Stärke derselben der Fachbaum ht füglich zu entbehren. Die Anordnung, die man alsdann hlt, zeigt Fig. 148. Der Fachbaum liegt hier neben der äufsern hwelle und ist durch Schraubenbolzen mit ihr verbunden, wäh- d die Bohlen und Zangen bis zu seinem äufsern Rande reichen, o einen Theil des Druckes auf ihn übertragen. Die Zangen rden alsdann auf dieselbe Art, wie Fig. 146 zeigt, überkämmt, d nur wo sie auf dem Fachbaume aufliegen, müssen sie aus- schnitten werden, da man den letztern nicht schwächen darf.

Die ganze Construction vereinfacht sich wesentlich, wenn man e Spundwand mit der äufsern Pfahlreihe verbindet und die Rost- ähle in der letzten mit Nuthen versieht, welche als Nuthpfähle hon die Stelle einzelner Spundpfähle vertreten. Man erspart

alsdann auch den Fachbaum, da dieser mit der äufsern zusammenfällt. Diese Anordnung ist besonders in F lich; Fig. 149 stellt sie im Grundrisse dar, sie ist ind bedenklich, als die Spundwand, welche doch zur S festen Stellung der Rostpfähle angebracht wird, au Reihe derselben ihren Einfluſs verliert. Aufserdem Ausführung einer Spundwand, die auf solche Art d stärkere und tiefer eindringende Pfähle unterbroche erschwert. Zuweilen stellt man die Spundwand soga der äufsern Rostpfähle, um ihr eine mehr gesich geben. Dieses ist z. B. bei der Kaimauer Fig. 1 Eine solche Anordnung ist indessen nicht passend, d erste Pfahlreihe ohne die Spundwand schon gehörig so wird dieses von den folgenden eben so gut g Spundwand wäre ganz entbehrlich. Endlich muſs werden, daſs man zuweilen auch die vordere Pfahlre läſst und dafür nur die Spundwand anbringt, wie di der Umschlieſsungsmauer des Humber-Docks zu Hull wie Fig. 154 zeigt.

Unter den Abweichungen gegen die beschrieb tionsart des Pfahlrostes muſs zunächst die Weg Zangen erwähnt werden, die in Frankreich, Englan sehr gewöhnlich ist. Beim liegenden Roste hatten di len (Unterlager) offenbar den Zweck, ein ungleichm zu verhindern. Beim Pfahlroste dagegen kann das zelner Stellen nicht erfolgen, indem jeder Pfahl geh und sonach jede Rostschwelle hinreichend unterstü Die Ausgleichung des Druckes ist daher hier nich und die Zangen haben nur den Zweck, das Ausweic schwellen nach der Seite zu verhindern, und diesel gleichem Abstande von einander zu erhalten. Die einer solchen Bewegung ist in den meisten Fällen ni und zum Theil wird ihr schon durch die Befestigun belages begegnet, der auf die Schwellen genagelt wi sem Grunde ist die Fortlassung der Zangen in den len gerechtfertigt. Um einige Beispiele hiervon z Fig. 150 *a* und *b* im Längendurchschnitt und im Grun dirung einer massiven Brücke dargestellt, welche im

n Jahrhunderts bei Catwijk aan den Rhijn bei Leyden für den
uen Entwässerungscanal von Süd-Holland ausgeführt wurde.
e Brücke hat 60 Fufs Spannung, 10 Fufs Pfeilhöhe, die Rost-
wellen erstrecken sich von dem einen Widerlager bis zum an-
n und sind jedesmal unter dem Bogen noch durch zwei Pfähle
rstützt. Auf diesen Schwellen liegt der Bohlenbelag und da-
chen befindet sich nur eine einzige Zange, welche 6 Zoll vor-
und einen sichern Stützpunkt gegen den horizontalen Schub
ogens bildet.

n England kommen bei den Pfahlrosten zuweilen Zangen
ie bei der neuen London-Brücke, Fig. 143. Ebenso sind
auch beim Fundamente der Waterloo-Brücke vorhanden,
nlich fehlen sie aber. Fig. 151 *a* und *b* zeigt im Grundrifs
n Querschnitt das Fundament eines Mittelpfeilers der Stai-
icke über die Themse, wobei gegen die oben beschriebene
nction des Pfahlrostes auch noch der Unterschied stattfindet,
ie Schwellen nach der Quere des Pfeilers gerichtet sind.
s stellt Fig. 152 *a* und *b* die Kaimauer zu Aberdeen dar,
lford erbaute*), wobei die Zangen gleichfalls fehlen und
nter den schmalen Verstärkungspfeilern nicht vorkommen.
rronet wendete die Zangen zuweilen an, wie bei der Brücke
tes, gewöhnlich liefs er sie aber fort, wie bei denen zu
xence, Chateau-Thierry und Neuilly. Da die letztere beson-
en Ruhm ihres Erbauers begründete, so ist die dabei ge-
Anordnung des Pfahlrostes Fig. 153 *a* und *b* durch den
ifs und Querschnitt eines Pfeilers nachgewiesen, ich mufs
emerken, dafs die Zeichnungen im Perronetschen Werke
onstigen Sauberkeit unerachtet, dennoch wegen des kleinen
abes diesen Theil des Baues nicht ganz klar darstellen.
Vergleichung des Anschlages mit der Beschreibung des
und mit allen Zeichnungen ergab sich diejenige Construc-
ie hier mitgetheilt ist. Die äufsern Grundschwellen bilden
eschlossenen Rahmen, der den ganzen Rost umgiebt, und
Zoll höher als die innern Schwellen, ihre Oberfläche trifft
die Ebene des Bohlenbelages, der auf den Querschwellen
. Um die Bohlen, die zuweilen auch schräge verschnitten

---

*) *Life of Telford.* 8. 134. Taf. 35.

sind und deren Enden daher nicht immer auf Querschwelle gehörig zu unterstützen, sind jene äufsern Schwellen mi versehn, worin die Enden der Bohlen und überhaupt de Rand des Bohlenbelages aufliegt. Es ist nicht zu verken der letztere hierdurch eine sehr gesicherte Lage erhält. A ist der Rahmen und der ganze Rost noch dadurch v dafs die Querschwellen schwalbenschwanzförmig in de verkämmt und die Enden der äufsern Schwellen gegens blattet sind. Eine Spundwand kommt hier nicht vor. Anordnungen wiederholen sich häufig in Frankreich *), meinhin giebt man den innern Schwellen dieselbe Höhe äufsern, so dafs die Bohlen parallel mit den letztern beide erstrecken. In diesen Fällen pflegt man die schwanzförmige Verkämmung und die Einrahmung d Rostes beizubehalten, und es läfst sich nicht leugnen, durch die Ausmaurung der Felder sehr erleichtert wird uns gewöhnliche Anwendung der Zangen, und zwar wenn sie mit den Rostschwellen bündig, als wenn sie ben vorstehend verlegt werden, ist aber in Frankreich unbekannt **).

In England fehlen nicht nur sehr häufig die Zange man ersetzt auch oft die Rostschwellen durch Halbh selbst durch Bohlen. Hughes ***) beschreibt die Ausf Pfahlrostes indem er sagt, man müsse die Pfahlköpfe abschneiden, etwa einen Fufs darunter den Boden aus diesen Raum bis zum Niveau der Pfahlköpfe mit Steins Mörtel, also mit Béton, wieder anfüllen. Alsdann solle len von Eichen, Buchen oder Ellern von 4 bis 6 über die Pfahlköpfe legen und mit eisernen Nägeln, B mit Nägeln von hartem Holze daran befestigen. Er f an, dafs es üblich sei, eine Bohlenlage von gleicher S zwar dicht schliefsend, über diese ersten Bohlen zu ve darauf das Mauerwerk zu stellen. Auffallend ist es, dieser Beschreibung die Zwischenräume zwischen den e

*) Mehrere Beispiele dafür befinden sich in dem *Recueil d latifs à l'Art de l'Ingénieur.*

**) *Gauthey, traité de la construction des ponts. Tome II. p*

***) *The theory, practice and architecture of bridges. Vol. I.* H

leiben, was gewifs fehlerhaft ist und was wahrscheinlich
ıgland nie geschieht. Fig. 154 *a* und *b* zeigt den Grund-
ıerschnitt von der Umfassungsmauer des Humber-Docks
Die Pfähle unter der eigentlichen Mauer halten 9 Zoll
ıesser und diejenigen unter den Verstärkungspfeilern
beiden Fällen sind sie 10 Fufs lang. Die Spundwand,
·, wie bereits erwähnt, die Stelle einer Pfahlreihe ver-
ht aus wirklichen Spundpfählen, die mit Federn und
einander greifen und 6 Zoll stark und 12 Fufs lang
den Schwellen, die sämmtlich aus Halbhölzern bestehn,
nnern flach auf den Pfahlköpfen, während die äufsern
gegen die Spundpfähle gebolzt sind. Der Bohlenbelag
ärke von 4 Zoll. Das sämmtliche Holz ist Kiefernholz
ıtsee.

ndere Abweichung von der gewöhnlichen Construction
ı darauf, dafs man ebenso wie beim liegenden Roste,
nbelag fortläfst, das Mauerwerk also unmittelbar
stschwellen und Zangen ruht. Beispiele dafür kommen
ei kleineren Brücken in Frankreich vor. Gegen dieses
wäre zu erinnern, dafs durch das ungleichmäfsige Setzen
ı vor der vollständigen Erhärtung des Mauerwerks der
esselben in den untern Schichten aufgehoben werden
ı England geschieht dieses gleichfalls, z. B. bei Fun-
Kaimauer in Hull, die Fig. 144 zeigt, wobei wieder
alken nur Halbhölzer benutzt sind. Bei den Pfeilern
ı Gerrards-Hostel-Brücke zu Cambridge, wo der dichte
; gleichfalls fehlt, sind sogar nur 6zöllige Bohlen über
pfe gestreckt und darauf genagelt, während ein 2 Fufs
ıbette zwischen den Pfählen den befestigten Untergrund
uerwerk in den Rostfeldern bildet. Auch die Kammern
e des Verbindungsdocks in Hull sind in ähnlicher Art
die Zwischenräume zwischen den Bohlen eben so breit
ie Bohlen selbst. Andrerseits geschieht es in England
dafs man, nachdem die Pfahlköpfe in einer Ebene ab-
und die Zwischenräume ausgemauert sind, einen dichten
; darüber streckt und darauf einen zweiten so verlegt,

actions of Civil Engineers. Vol. I. p. 15.

dafs die Fugen sich kreuzen, worauf beide zusammen werden. Dieses Verfahren ist in der Fundirung der Ely und der Haddlesey-Brücke angewendet worden.

Endlich erleidet der Pfahlrost zuweilen auch noch einfachung, dafs das Mauerwerk unmittelbar auf die Pf gestellt wird und also der eigentliche Rost ganz feh Beispiel hiervon ist die Fundirung des Georges-Docks i pool, wovon Fig. 155 das Profil sowohl der Mauer se auch eines Verstärkungspfeilers darstellt. Die eigentlich welche sehr schwach ist, und ihre Stabilität allein d Pfeiler erlangt, reicht bis zum niedrigsten Wasserspieg so dafs die Pfähle, die sie tragen, nie trocken werden, d dagegen, die sich unter den Pfeilern befinden, reiche höher herauf, sind also der abwechselnden Nässe und Tr ausgesetzt, wenn nicht die vordere Mauer die Nässe z Letzteres ist insofern wohl anzunehmen, als alle zwöl Hochwasser eintritt, das bedeutend höher ansteigt. I unter der eigentlichen Mauer sind in drei Reihen eingera zwar stehn sie sich nicht gegenüber, sondern sind ve dafs sie unter sich ungefähr gleiche Abstände von 2 Fu von Mitte zu Mitte bilden. Unter den Pfeilern sind da derselben Richtung acht Pfahlreihen vorhanden, die ab zwei oder drei Pfähle enthalten. Diese sind von Mitte 2½ Fufs entfernt. Die Pfeiler sind 8 Fufs breit und i Abstande von 30 Fufs angebracht. Sie treten 14 Fufs Mauer vor, doch ist dabei die auffallende Anordnung dafs die eigentliche Mauer an der innern Seite durch h Bogen begrenzt wird, und in ihrer Basis neben den Pfeile über das in der Figur dargestellte Profil heraustritt, wie tirte Linie angiebt, so dafs also hier die Mauer nicht m hängt. Die Pfähle bestanden bei diesem Bau aus Eiche oder andern Holzarten. Sie hatten unter der Mauer Länge von 22, und unter den Pfeilern von 28 Fufs. nicht beschlagen und wurden sorgfältig abgeschnitten Ebene, die ihre Richtung unter einem rechten Winkel im Verhältnifs von 1 zu 7 gegen den Horizont geneigt dann grub man den Boden ringsum die Pfähle 12 Zol und füllte die Zwischenräume mit einem Mauerwerk

en, die in Mörtel versetzt wurden. Dieses Mauerwerk wurde
einen halben Zoll über die Pfahlköpfe heraufgeführt, damit
Füllmauer des Rostes sich noch etwas senken konnte. Die
re Schicht der Kaimauer bestand aus starken und grofsen
en eines besonders festen Steines, die auch in den untern
hen sorgfältig bearbeitet waren, um möglichst gleichmäfsig
len Pfahlköpfen aufzuliegen. Das übrige Mauerwerk ist aus
lern ausgeführt *).

In gleicher Weise sind auch die Pfeiler der Chelsea-Brücke
ondon gegründet. Dieses ist eine Hängebrücke, deren mitt-
Oeffnung 323 Fufs mifst, während die beiden Seiten-Oeffnun-
alb so weit sind. Die Breite der Brücke beträgt 45½ Rhein-
che Fufs. Sie ist nach dem von Page im Jahr 1846 auf-
lten Projecte ausgeführt. Bei der Gründung der Pfeiler dieser
e kam es darauf an, die Wasserstrafse nicht zu beengen,
lurfte daher keine weit vortretenden Fangedämme anwenden.
: wurden in gegenseitigen Abständen von 3 Fufs in der gan-
usdehnung der Pfeiler Pfähle eingerammt, die 13¼ Zoll im
rten hielten, und die nach dem verschiedenen Widerstande,
ie fanden, 24 bis 39 Fufs unter Niedrig-Wasser eindrangen.
n umgab man die Pfeiler mit einer gufseisernen Umfas-
Dieselbe bestand aus Röhren von 12 Zoll äufserm Durch-
r und 26 Fufs Länge, die an den gegenüberstehenden Seiten
uthen versehn waren. In letztere schob man 1 Zoll starke
Fufs lange gufseiserne Platten ein. Hierdurch wurde eine
hliefsung bis auf 2 Fufs über Niedrig-Wasser gebildet. Der
innerhalb dieses Kastens wurde darauf bis zu dem groben
, der auf dem ursprünglichen Kleiboden lagert, zwischen den
n ausgebaggert, und mit Béton gefüllt. Letzterer erreichte
das Niveau des niedrigen Wassers und in dieser Höhe waren
die Pfähle abgeschnitten. Die darauf gelegte Werkstein-
it, mit der das Mauerwerk begann, ruht daher theils auf den
en und theils auf dem Béton **).

Es bleibt endlich in Betreff des Pfahlrostes noch die Frage
örtern, ob es ausreichend ist, denselben nur in solche Tiefe

*) *Strickland, Reports on Canals, Railways, Roads and other subjects.*
elphia 1826. *pag.* 11.

**) *Civil Engineer and Architects Journal. Vol. XXVII.* 1864. *p.* 310.

zu legen, dafs er immer unter Wasser bleibt, oder ob
an der betreffenden Stelle vielleicht eine grofse Wass
findet, die Pfähle unmittelbar über dem Grunde
und hier den Rost verlegen mufs. Die Kosten des Ba
sonders für die Wasserwältigung in der Baugrube ver
ungemein, wenn man sehr tief fundirt, und da die Pfä
ganze Rost immer vom Wasser bedeckt sind, wenn ma
wenig unter dem kleinsten Sommerwasserstande bleibt,
es passend erscheinen, die erste Anordnung zu wähle
erregt aber die freie Stellung der Pfähle Besorgnifs
theils in Bezug auf das Verbiegen und Brechen, theils
indem sie dem fliefsenden Wasser ausgesetzt bleiben
mit der Zeit leiden. Wenn sie aber nicht tief in den
greifen, so geschieht es auch wohl, dafs sie sich säm
neigen und umfallen. Besonders ist dieses zu beso
der Rost eine Futter- oder Kaimauer trägt, die ei
Seitendrucke ausgesetzt ist. Auf solche Art stürzte
Theil der Kaimauer am neuen Dock in Bremerhaven
Eröffnung des letzteren ein.

In manchen Fällen hat man die Zwischenräume z
Rostpfählen mit Faschinen ausgepackt, wodur
wohl nur wenig Sicherheit erreicht wird, auch die
schüttete Erde, selbst wenn sie auf der äufsern Seite
Spundwand gedeckt ist, kann leicht ausgespült werden
sich auch nie so fest, dafs sie dem Seitendrucke hinrei
derstand leistet. Man mufs also, wie bereits oben er
weder durch Strebepfähle oder durch Einbringen vo
nöthige Widerstandsfähigkeit dem Bauwerke geben, wen
den Rost bis auf den festabgelagerten Boden senkt, d
etwa eintretenden Vertiefungen noch durch eine Erd-
böschung gegen Ausspülung zu sichern ist.

Beim Bau der Brücke zu Rouen füllte man den Ra
den Pfählen auf 13 Fufs Höhe mit Béton an und umga
mit einer losen Steinschüttung. Die Kaimauer im Haf
fundirte dagegen de Cessart im Jahre 1779 sogar 36
dem Strombette. Fig. 156 zeigt die dabei getroffene
Zuerst wurde der Boden stellenweise 25 Fufs hoch,
16 Fufs unter dem kleinsten Wasser mit dem Mergelka

ersteinknollen, wie sie sich dort überall in einiger Tiefe vor-
den, ausgefüllt, um den Pfählen sogleich einen festen Stand zu
en. Nachdem hierauf die Rammarbeiten beendigt und die Pfähle
r Wasser abgeschnitten waren, erfolgte die zweite Schüttung.
dann wurden die Futtermauern in Caissons aufgeführt, während
aber das Terrain hinter dem Kai erhöhte, so brachte man
Erdanker an, die gegen das Banket der Mauer verbolzt wur-
Diese Anker sollten nur so lange einigen Widerstand äufsern,
ie Erde sich gehörig gesetzt haben würde, es ist jedoch zwei-
ft, ob sie in der frisch geschütteten Erde den nöthigen Wider-
leisten konnten. Endlich wurde die Hinterfüllung ergänzt
leichzeitig noch eine dritte Schüttung vor der Kaimauer an-
cht *).

uf der gegenüberliegenden Seite der Seine erbaute Lamandé
hre 1784 eine ähnliche Kaimauer, doch brachte er eine starke
ebung, wie Fig. 157 zeigt, zwischen den Rostpfählen an. Die
n bestanden aus doppelten Zangen, die über Wasser mittelst
zusammengesetzt wurden und so ausgeschnitten waren, dafs
e Oeffnungen für die Pfähle zwischen sich freiliefsen. Da
ein hinreichender Spielraum hier erforderlich war, so trieb
päter in diesen, zwischen die Pfähle nnd den äufsersten Bol-
r untern Zangen noch je zwei starke Keile ein. Die untere
lag dabei auf der natürlichen Böschung. Ohne Zweifel wäre
rstrebung sicherer und in der Ausführung leichter gewesen,
man die Pfähle schräge eingerammt hätte. Es mufs noch
t werden, dafs der Wasserspiegel in dieser, wie auch in der
gehenden Figur der niedrigste ist.

enn neben dem auf einen Pfahlrost zu stellenden Bau keine
ende Wassertiefe erforderlich ist, so kann man durch vor-
hende Anschüttung eines festen Bodens den Stand der
sichern. Dieses geschah zum Beispiel beim Bau der Brücke
die Wiese St. Nicolas in der Bretagne in der Eisenbahn
antes nach Lorient und Brest. Die Brücke sollte eine
von nahe 48 Fufs erhalten und zum Durchgange von Canal-
n von etwa 4 Fufs Tiefgang eingerichtet werden. 38 Fufs
dem ziemlich niedrigen Terrain fand sich fester Felsboden,

---

*) *de Cessart, description des travaux hydrauliques. Tome I.* Paris 1806.

arüber lag zunächst eine schwache Torfschicht vielfach u
tücken durchzogen, und hierauf der schlammige Grund, de
Nähe der Oberfläche bis etwa in 6 Fuſs Tiefe etwas fe
Vor dem Beginne des Baues überschüttete man die ga
telle mit festem Boden, durchschnittlich 30 Fuſs hoc
reiche Untergrund wurde dadurch fast vollständig fort
o daſs die frühere etwas compactere obere Schicht bei
Torf erreichte. Nachdem dieses geschehen war, und kei
ung sich mehr zeigte, begann man das Einrammen d
nter den Stirnmauern, auf denen die Brücke ruhen soll
war aber keine feste, vielmehr eine Zugbrücke, es entst
lie Besorgniſs, daſs die beiden Widerlager in Folge de
ler dagegen geschütteten Dämme sich dennoch einande
könnten. Deshalb wurde schlieſslich noch unter der
Flufsbettes ein 3 Fuſs starkes Bétonbette angebracht, w
Mauern gegenseitig abseift *).

Den Rost in groſser Tiefe zu verlegen, verbietet sich
ich durch den starken Zudrang des Wassers in der Baugr
s aber auch möglich wäre, durch besonders kräftige Pu
ehr tiefe Grube trocken zu legen, so lockern die eind
Quellen doch den Boden auf, woher selbst die Pfähle
Stand verlieren, und sogar zuweilen sich so sehr von der
len Erde trennen, daſs sie aufschwimmen. Um in solc
noch einen Rost auf die unter Wasser in gleicher H
chnittenen Pfähle aufzubringen, hat man verschiedene
ersucht, die kurz angedeutet werden mögen, wenn gleich
erwähnte Bétonbettung zwischen und über den Pfählen
m passendsten ist.

Zunächst muſs der Fundirung in Caissons gedac
las heiſst in wasserdicht schlieſsenden groſsen hölzerne
leren Boden aus nebeneinander liegenden Balken besteht
lie Stelle des Rostes vertritt. Diese Kasten werden sel
iber die Pfähle gebracht, versenkt, und in ihnen wird d
werk bis über Wasser aufgeführt, worauf man die Se
ntfernt. Von dieser Constructions-Art wird später au
lie Rede sein.

---

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1864. *I. pag.* 294.

ine andre mehrfach zur Anwendung gekommene Methode, h jedoch nur auf mäfsige Wassertiefen von etwa 3 Fufs be-kt, beschreibt schon Gauthey *). Nachdem die Pfähle mög-regelmäfsig eingerammt und in gleicher Höhe unter Wasser hnitten sind, verbindet man den Rost aus Lang- und Quer-llen und schneidet beide bis zur Mitte ein, so dafs sie sowohl obern, wie in der untern Fläche bündig sind. Die Ueber-ngen müssen aber jedesmal auf Pfahlköpfe treffen. Jede kreuzung wird durchbohrt und ein mit Widerhaken versehener n in das Bohrloch gestellt. Ist der Rost in dieser Weise eitet, so bringt man ihn schwimmend über die Pfähle und nkt ihn durch aufgelegte grofse Steine, die man jedoch leicht men kann, wenn er beim ersten Herablassen nicht vollständig ahlköpfe treffen sollte. Sobald letzteres erreicht ist, so treibt ene Bolzen mittelst darauf gestellter Eisenstangen, die unten er Höhlung die Köpfe aufnehmen, in die Pfähle ein, und gt die aufgelegten Steine. Die Zwischenräume zwischen den ndstücken, oder die rechtwinkligen Felder werden nunmehr teinen und Béton sorgfältig und so ausgefüllt, dafs sie sich n der obern Fläche des Rostes erheben. Der Bohlenbelag aus zwei Lagen sich kreuzender Dielen gebildet, die nach-sie in sich verbunden sind, ebenso wie der Rost versenkt und tzteren aufgenagelt werden. Nach diesen Vorbereitungen be-man den Bau mit dem Verlegen einer Schicht Werkstücke, o hoch sind, dafs sie ungefähr den Wasserspiegel erreichen. Fugen zwischen denselben kann man schon, wenigstens theil-, mit steifem Mörtel füllen, und das darauf zu stellende Mauer-wird in gewöhnlicher Weise ausgeführt.

Beim Bau der Brücke zu Berry au bac wurde diese Fundi-art angewendet, auch Wiebeking versuchte sie bei seinen tenbauten, doch gelang es ihm nicht, die Pfähle in gleicher abzuschneiden, woher er durch Taucher noch Keile zwischen Pfahlköpfe und den Rost eintreiben liefs. Verschiedene Mo-tionen dieses Verfahrens sind später vorgeschlagen **), wo-n es auch möglich sein soll, den Rost bis auf 6 Fufs unter

*) *Traité sur la construction des ponts. Vol. II.* Paris 1813. *pag.* 290.
**) Förster's allgemeine Bauzeitung. 1863. Seite 143.

Wasser zu versenken, doch dürfte dadurch wenig gewonnen werden, da man in dieser Tiefe doch keine gewöhnliche Maurerarbeit ausführen kann.

Wichtig ist die Fundirung des linkseitigen Pfeilers der Aar-Brücke bei Aarau in der Schweiz, wobei der Ingenieur Hürsch ein Verfahren in Anwendung brachte, das in gewisser Beziehung dem beschriebenen ähnlich ist *). Die alte Brücke war von dem zuweilen sehr reifsenden Flusse lange Zeit hindurch angegriffen worden, und um namentlich den linkseitigen Pfeiler zu halten, der besonders von der heftigsten Strömung getroffen wurde, hatte man vor demselben Faschinenwerke und ganze Bäume versenkt und theils mit grofsen Steinen, theils aber mit beladenen Kähnen beschwert. Der Baugrund war also im höchsten Grade verunreinigt und dennoch mufste die neue Brücke wieder auf derselben Stelle, wo die alte gestanden hatte, erbaut werden. Dazu kam noch, dafs wegen der grofsen Tiefe davor die Fundirung eben so weit herabgeführt, oder der Rost 10½ Fufs unter das niedrigste Wasser verlegt werden mufste.

Man machte mit der Regulirung des Ufers und mit einer Umschliefsung der Baugrube den Anfang, um der starken Durchströmung Einhalt zu thun, eine Senkung des Wasserstandes war aber wegen des unreinen Grundes unmöglich. Sodann räumte man die Baugrube auf, indem mit Zangen die Steine, wie das Holz und Strauch gehoben und herausgerissen wurden, so dafs man etwa bis 11 Fufs Tiefe alle hier lagernden Gegenstände entfernt hatte. Nunmehr wurde die Rammarbeit begonnen. Der Rost, der 52 Fufs lang und 26 Fufs breit war, sollte auf 8 Pfahlreihen ruhen, von denen jede aus 11 Pfählen bestand. Bei dem überaus unreinen Untergrunde war es aber unmöglich diese regelmäfsig einzutreiben sie wichen bald nach einer, bald nach der andern Seite über, und erreichten sehr verschiedenartige, doch immer nur mäfsige Tiefen. Mit grofser Sorgfalt wurden sie sämmtlich in gleicher Höhe abgeschnitten und über jede Querreihe eine 5 Zoll hohe und 13 Zoll breite Bohle nach der oben beschriebenen Methode genagelt, die dazwischen befindlichen Räume aber bis zur Oberfläche der letzteren mittelst eingeschütteter Steine ausgeglichen. Weshalb die

*) Förster's allgemeine Bauzeitung. 1845. Seite 181 ff.

ıufgebracht wurden, ist nicht ersichtlich, da der Rost so tet war, dafs er in seiner ganzen Ausdehnung eine hori- bene bildete, also auf jedem Pfahlkopfe, wenn solcher der Reihe gewichen war, sicher auflag.

Rost bestand aus Balkenholz von 9 Zoll Höhe, während der Verbandstücke etwas gröfser war. Die Lang- wie chwellen waren überschnitten, so dafs sie sowohl oben, ı bündig lagen. In jedem Felde waren aber die Quer- auf der obern Seite mit 3 Zoll breiten und 4½ Zoll ten versehn, worauf Zwischenbalken von 9 Zoll Höhe e also, indem ihre Zapfen die halbe Höhe hatten, so- ı, wie unten mit den Hauptverbandstücken in dieselbe en.

wesentliche Abweichung der Benutzungsart dieses Rostes ›ben beschriebenen Versenkung war durch die grofse e geboten. Man wollte nämlich den Rost nicht sogleich n, vielmehr ihn über den Pfählen schwebend er- l ihn nur in dem Maafse senken, wie die Mauerschichten er erhoben, damit die Arbeit immer im Trocknen aus- rden könnte. Zu diesem Zwecke umgab man den Rost auf eingerammten Pfählen ruhenden Rüstung. Da aber ıung der gegenüberstehenden Wände desselben 34 Fufs o zu grofs war, um an die übergespannten Balken den ler Mauer sicher aufhängen zu können, so wurden noch n einer Mittelreihe eingerammt, von denen 4 durch die hindurchgingen. Diese bildeten eine sichere Führung blassen, und die Zwischenbalken waren so ausgeschnit- ie diese vierkantigen Pfähle nahe umschlossen.

rei so dargestellten Pfahlreihen wurden verholmt und 1 starke Querbalken gelegt, welche die 39 eisernen trugen, woran der Rost hing. Diese Schrauben waren en wie unten mit Gewinden versehn. Die untern Ge- en links geschnitten, griffen durch die Langschwellen neben den Querschwellen hindurch und wurden hier ı Muttern gehalten. Die obern Gewinde waren rechts und so lang, dafs beim Zurückdrehn der Muttern, ı Querbalken des Gerüstes lagen, der Rost vollständig en werden konnte.

Man schrob nun den Rost so weit auf, dafs seine obere Fl
einige Zolle über Wasser schwebte und versetzte darauf die
Schicht Werksteine. Alsdann wurden die obern Muttern
gedreht, so dafs die fertige Mauerschicht wieder nur wenig
den Wasserspiegel sich erhob. Bei diesem Zurückdrehn der M
tern war zu besorgen, dafs die Schrauben selbst, wenn sie
in irgend einer Weise gehalten würden, an dieser Bewegung T
nehmen möchten. Sie würden in diesem Falle sich von den
Muttern gelöst haben, falls beide Gewinde in gleicher Rich
geschnitten gewesen wären. Bei der getroffenen Anordnung kon
dieses aber nicht geschehn, und man brauchte nur, nachdem
Senkung des Rostes vollständig erfolgt und die obere Mutter
gezogen war, die Schraube in umgekehrter Richtung zu dr
um sie ausheben zu können. Das Mauerwerk wurde übrigens
unmittelbar bis an die Schrauben herangeführt, vielmehr wur
Steine so zugerichtet, dafs sich hohle Cylinder von 8 Zoll D
messer um sie bildeten.

Es war Absicht, in dieser Weise die Mauer so hoch
führen, dafs ihre obere Fläche einige Fufs tief unter Wasser
diese aber mit einer Reihe Werksteine ringsumher zu umgeb
die einen Fangedamm um den noch auszumauernden hohlen R
bilden sollte. Die Oeffnungen um die Schrauben sollten nach
vollständigen Versenkung des Rostes und nach Beseitigung
Schrauben und der hindurchgreifenden Rüstpfähle mit Béton ge
tet und alsdann der obere Raum ausgepumpt werden. Die St
der 39 Schrauben, die nicht angegeben wird, war nach der M
theilung so gewählt worden, dafs das daran hängende Gewi
jederzeit sicher getragen werden konnte, vorausgesetzt, dafs m
nach Vollendung jeder einzelnen Schicht, das Mauerwerk möglich
tief eintauchen liefs. Die Schrauben waren auch möglichst gleich
mäfsig über die ganze Fläche vertheilt, und sämmtliche Mutt
wurden beim Herablassen gleichzeitig und genau übereinstimmend
gedreht, wodurch die gleichmäfsige Senkung des Rostes ermöglicht
wurde.

Nach Vollendung der zweiten Schicht und nachdem man die
äufsere Reihe der dritten Schicht versetzt hatte, wodurch das Mauer-
werk sich etwa 8 Fufs über den Rost erhob, brachen indessen wäh-
rend des Versenkens plötzlich 3 Schrauben, und wenn man diese

durch Haken, die von aufsen untergeschoben wurden, zu er- sich bemühte, so sah man sich doch gezwungen, nunmehr Rost möglichst schnell auf die Pfähle zu stellen und einige tief die Maurer-Arbeit unter Wasser fortzusetzen.

§. 35.
Die Zugramme.

Zum Eintreiben der Rostpfähle, wie auch der Spund- und er Pfähle bedient man sich der Rammen. Der wesentlichste il derselben ist der hölzerne oder eiserne Rammklotz, auch Bär genannt. Dieser wird abwechselnd gehoben und übt n jedesmaligen Herabfallen auf den Pfahl den Stofs aus, wo- ch letzterer tiefer in den Grund eindringt. Das Heben des tzes erfolgt entweder aus freier Hand; alsdann ist keine wei- Vorrichtung erforderlich und die ganze Ramme besteht nur dem Klotze. Man nennt eine solche die Handramme. Hat Klotz dagegen ein gröfseres Gewicht, so dafs er nicht mehr nittelbar gefafst werden kann, so hängt er an einem Tau, das r eine Rolle gezogen und am hintern Ende mit den Zugleinen bunden ist, von denen jede durch einen Arbeiter gefafst und bei em Hube angezogen wird. Diese Ramme, welche eine feste stung erfordert, heifst Zugramme. Bei der Kunstramme llich erfolgt das Heben des Klotzes durch eine mehr complicirte chanische Vorrichtung, und wenn diese durch Dampfkraft in wegung gesetzt wird, so nennt man die Ramme eine Dampf- mme.

Die Handramme besteht wohl immer aus Holz, und zwar egt man der Festigkeit wegen dazu Eichenholz anzuwenden. an versieht sie mit Armen oder Bügeln, an welchen die herum- henden Arbeiter sie fassen und bequem heben und führen kön- n, indem aber beim tieferen Eindringen des Pfahles auch der lotz tiefer herabsinkt, während die Arbeiter unverändert in glei- er Höhe stehn bleiben, so mufs man dafür sorgen, dafs der lotz in verschiedener Höhe gefafst werden kann. Zu diesem wecke bringt man zuweilen vier Arme an, die in der halben

Höhe des Klotzes befestigt und gegen das eine Ende de
gerichtet sind. Sobald der Pfahl gesetzt wird, also noch
ist, gebraucht man die Ramme so, dafs die Arme abwärts
sind, man dreht sie aber um, sobald der Pfahlkopf sich nur
über dem Boden befindet.

Vortheilhafter ist es, die Ramme mit langen Bügeln z
sehn, die von oben bis unten herabreichen und sonach i
Höhe einen bequemen Angriffspunkt gewähren. Die Bügel
jedoch mindestens zwei Zoll vom Klotze entfernt bleiben
sonst die Arbeiter ihre Hände klemmen und wund stofsen
untern Ende versieht man die Handramme mit einem ei
Ringe, der fest schliefsen mufs, um das Spalten des Klot
verhindern. Am vortheilhaftesten ist es, ihn heifs und zw
oben aufzutreiben, wodurch sein Herabfallen verhindert
Gewöhnlich wählt man die Form einer achteckigen abgestu
Pyramide, weil diese sich ohne grofsen Verschnitt aus dem
holze am leichtesten darstellen läfst. Fig. 158 Taf. XIII z
der Seitenansicht und der Ansicht von oben eine solche R
Bei ihrer Anfertigung mufs man besonders darauf sehn, da
Holz trocken ist, weil es bei einem späteren Austrocknen s
den und spalten, auch der eiserne Ring sich lösen würde.

Durch Nägel und Krammen läfst sich bei den heftige
schütterungen der Ring nicht sicher befestigen, es ist auch
theilhaft, die Nägel ganz zu vermeiden, damit der Ring,
einiger Spielraum entsteht, tiefer herabsinken und sich da
von Neuem auf dem stärkeren Holze feststellen kann, in ähn
Art, wie dieses bei Gelegenheit der Zugrammen näher e
werden wird.

Den Gebrauch der Handramme kann man keineswegs b
nennen und am wenigsten, wenn der Pfahl noch hoch steh
die Arbeiter den Klotz weit heben müssen, bei unvorsic
Handhabung kann derselbe alsdann leicht neben dem Pfahl
beischlagen und die Leute beschädigen. Diese Besorgnifs ist
anlassung, dafs die Arbeit gemeinhin sehr langsam von s
geht und der Klotz nur wenig gehoben wird. Aus diesem G
ist es auch unzulässig der Handramme ein grofses Gewic
geben. Man darf auf jeden Arbeiter kaum 25 Pfund rec
und da nicht mehr als höchstens vier Mann dabei angestellt

n können, so beschränkt sich das Gewicht der Handramme im ximum auf 100 Pfund, und dennoch dürfen nur starke und gehickte Leute dabei angestellt werden, welche auch Uebung ben, um gleichmäfsig und kräftig die Ramme zu führen.

Um den Effect der Handramme zu vergröfsern, hat man nche Modificationen dabei eingeführt. Zunächst gehört dahin e Anbringung einer eisernen Stange in der Mittellinie des fahles, an welcher der Klotz herabgleitet. Fig. 159 stellt sie r. Sie ist wenigstens 5 Fufs lang und 1½ Zoll stark, unten mit ner Holzschraube versehn und darüber befindet sich ein vierkiger Kopf, mittelst dessen man sie mit dem Schlüssel fassen nd aus- und einschrauben kann. Jeder Pfahl wird am Kopfe, nd zwar genau in der Achse angebohrt, und ehe man den Pfahl tzt, schraubt man die eiserne Stange hinein. Der Rammklotz, r in diesem Falle etwas niedriger und stärker sein kann als nst, ist der Länge nach und zwar mit reichlichem Spielraum rchbohrt. Er wird, nachdem der Pfahl gesetzt ist, oder auch hon vorher aufgeschoben, und indem die Leute nicht mehr ein erabfallen desselben besorgen dürfen, so arbeiten sie kräftiger. nige Uebung ist indessen auch hierbei noch nothwendig, weil ei ungleichmäfsigem Anheben eine starke Reibung eintreten würde.

Endlich ist zu erwähnen, dafs man beim Gebrauche der andramme zuweilen auf dem einzurammenden Pfahle eine leichte üstung für die Arbeiter anbringt und diese alsdann nicht nur en Druck auf den Pfahl durch ihr Gewicht vermehren, sondern eim tieferen Eindringen desselben auch mit ihm herabsinken, nd daher den Pfahlkopf immer in der passendsten Höhe behalten. ig. 160 *a* und *b* zeigt diese Rüstung in der Ansicht von der eite und von oben. Der Pfahl wird zwei Fufs unter seinem opfe durchbohrt und eine starke Brechstange hindurchgesteckt. achdem man ihn durch Hin- und Herbewegen so weit in den oden getrieben hat, dafs er ohne weitere Unterstützung sicher eht, so legt man zwei Bohlen, deren hintere Enden beschwert erden, auf die Brechstange. Diese Bohlen dienen noch zur vorufigen Befestigung des Pfahles, wenn eine solche nöthig sein llte, und zwei kurze Brettstücke werden darüber gelegt. Alsnn stellen sich zwei, auch wohl drei oder vier Arbeiter auf die ohlen und treiben zuerst leise den Pfahl ein, sobald er sich aber

fester stellt, so rammen sie mit voller Kraft und alsdann erst treten die oben erwähnten Vortheile ein.

Von den beiden erwähnten Methoden hat man mehrfache Anwendung gemacht und darin eine bedeutende Erleichterung im Gebrauche der Handramme gefunden, unter andern ist dieses auch bei der Correction des Wertach-Flusses geschehn, wobei aber die Rüstung noch besonders unterstützt wurde *).

Bei der Zugramme wird der Klotz, wie bereits erwähnt, nicht aus freier Hand, sondern mittelst eines Taues gehoben. Seine Führung geschieht zuweilen durch unmittelbares Anfassen, die gewöhnliche Anordnung ist aber diese, dafs an der Rüstung besondere Ruthen angebracht sind, welche den Klotz sicher führen. Es sind dieses die Läufer oder Läuferruthen, auch Mäkler genannt, die entweder einfach oder doppelt sind und von den Armen des Klotzes umfafst werden, oder einen Schlitz bilden, durch welchen die Arme hindurchgreifen. Die Figuren 161, 162 und 163 zeigen die drei verschiedenen hierbei vorkommenden Verbindungsarten. Fig. 161 ist diejenige, welche bei uns die üblichste ist und den Vortheil gewährt, dafs man nur eine Läuferruthe braucht. Der Klotz hat vier Arme, die seitwärts an der Ruthe vorbeigehn und von denen je zwei hinter der Ruthe noch durch Riegel mit einander verbunden sind. Dabei tritt leicht der Uebelstand ein, dafs der Klotz sich gegen die ziemlich schmale Fläche der Ruthe nicht sicher lehnt und stark seitwärts schwankt, was bei längerem Gebrauche der Ramme immer zuzunehmen pflegt, indem die Kanten der Ruthe sich nach und nach abstofsen. Nach Fig. 162 ist der Klotz nur mit zwei Armen versehn, die zwischen den beiden Läuferruthen hindurchgreifen und wieder durch Riegel gehalten werden. Wenn der Schlitz nur $2\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll breit ist, so pflegt man beide Ruthen aus einem Holzstücke zu bilden, indem man so weit, als der Schlitz sich erstreckt eine Bohle ausschneidet. In diesem Falle sind aber die Wangenstücke leicht so schmal, dafs sie nicht die nöthige Steifigkeit behalten, wenn man sie nicht durch Bügel in der Mitte verbindet, wovon bei Gelegenheit der Kunstrammen die Rede sein wird. Häufig werden die beiden

*) Voit, über die Correctionen des Wertach-Flusses; in Crelle's Journal Bd. II. S. 251.

uthen aus zwei schwachen Hölzern ausgeschnitten und oben wie nten durch dazwischen geschobene und gehörig befestigte Bohlenücke in der beabsichtigten Entfernung von einander gehalten, ie Fig. 167 zeigt.

Nach beiden Anordnungen lehnt sich der Klotz beim Aufziehn d beim Herabfallen nur mit einer Seite an die Ruthe und dieser mstand giebt Veranlassung, dafs er zu schwanken pflegt, die Beigung der Arme und Riegel erfordert aber grofse Vorsicht, dait sie nicht etwa abbrechen oder herausfallen, was für die darter stehenden Arbeiter sehr gefährlich wäre. Bei den Rammen, e man in Holland gewöhnlich sieht und welche auch in Frankich häufig vorkommen, sind diese beiden Uebelstände dadurch ngangen, dafs nach Fig. 163 der Klotz acht Arme hat, welche beiden Seiten symmetrisch die Ruthen umfassen. Man nennt e beiden Ruthen in diesem Falle die Schere und die ganze amme heifst alsdann eine Scher-Ramme. Diese Anordnung ewährt manche Vortheile. Der Klotz kann bis zu beliebiger iefe unter die Verschwellung der Rammen herabfallen, ebenso ann man ihn seitwärts oder schräge wirken lassen, wie die jedesnalige Richtung des Pfahles es fordert. Die Arbeit wird hierurch genauer, und besonders bei Ausführung von Spundwänden st diese Ramme sehr brauchbar.

Was die Aufstellung der Zugrammen betrifft, so sind in den Figuren 164 bis 168*) diejenigen Arten der Rüstungen dargestellt, welche wesentliche Verschiedenheiten zeigen. Fig. 164 ist die Ramme, die im nördlichen Deutschland besonders häufig vorkommt, und die Eytelwein die vierschwellige Ramme nennt. Sie zeichnet sich durch die Menge der starken Verbandstücke, woraus sie besteht, vor allen übrigen aus, und wenn die grofse Holzmasse durch ihr Gewicht auch zum festen Stande wesentlich beiträgt, so ist eben dieses Gewicht beim Aufstellen und Niederlegen der Ramme und beim Verfahren derselben sehr hinderlich. Gewöhnlich sind die Schwellen sowohl unter sich, als auch mit den Streben und der Läuferruthe durch Zapfen und Ueberwürfe

*) Diese Figuren sind so aufgetragen, dafs das Auge 20 Fufs hoch über dem Boden der Rammen liegt und 8 Zoll von der Bildfläche entfernt ist, die vordere Seite der Läuferruthe schneidet aber unter einem Winkel von 45 Graden die Bildfläche.

verbunden, während die Streben am obern Ende mittelst Verzapfung und durchgesteckter Schrauben- oder Splintbolzen an die Läuferruthe befestigt werden. In die Läuferruthe ist über den Streben die Rammscheibe eingelassen, welche das Rammtau vom Klotze nach der sogenannten Stube oder dem Raume über der Verschwellung führt. Hier stehn die Arbeiter auf einem losen Dielenboden und ziehn mittelst der angesteckten Zugleinen das hintere Ende des Rammtaues stofsweise herab, wodurch sie den Klotz heben, der beim plötzlichen Nachlassen des Zuges auf den Pfahl fällt und denselben eintreibt. Die eine Strebe in der vordern Wand der Ramme, und zwar die linkseitige, ist mit Sprossen versehn, auf welchen ein Arbeiter hinaufsteigen und die nöthigen Verrichtungen beim Einbringen der Taue, beim Schmieren der Scheiben und dergleichen bewirken kann. Diese Ramme hat endlich noch eine besondere Vorrichtung zum Setzen der Pfähle, nämlich eine Winde, die sich in Einschnitten auf den hintern Streben bewegt und durch eiserne Bügel darin gehalten wird. Das Windetau geht von ihr über den Krahnbalken, der auf dem obern Ende der Läuferruthe aufliegt und häufig noch durch Winkelbänder befestigt ist, oder wohl nur mit starken Leinen angebunden wird. Das Richten dieser Ramme geschieht, indem man die Läuferruthen nebst den beiden vordern Streben und der zugehörigen Schwelle flach auf den Boden legt und hierauf die ganze Verschwellung stellt, und diese mit den hintern Streben verbindet. Ist dieses geschehn, so befestigt man ein starkes Tau am Kopfe der Ramme, zieht dieses über die hintere Schwelle und legt es um eine Winde oder läfst es mittelst eines Flaschenzuges scharf anziehn. Indem man den Kopf der Ramme Anfangs durch unmittelbares Anfassen etwas anhebt, so wird bald eine solche Stellung erreicht, wobei der Zug an jenem Tau schon minder stark sein darf, und schliefslich wird es sogar nöthig, noch ein zweites Tau vom Kopfe der Ramme um einen Pfahl rückwärts zu befestigen (das Stopftau), womit man die Ramme zurückhält und verhindert, dafs sie nicht zu heftig sich auf die Verschwellung stellt. Beim Niederlegen der Ramme ist das Verfahren dasselbe, doch wird dabei das erste Tau, Stopftau, und das zweite mufs zunächst mit der Winde, oder aus freier Hand angezogen werden.

Fig. 165 stellt die sogenannte Winkelramme dar, welche

nur durch eine andere Anordnung der Verschwellung von origen unterscheidet, aber sonst mit ihr übereinstimmt. Sie dazu, um in den Ecken der Baustelle, die vielleicht wegen Fangedämme oder aus anderm Grunde für die erste Ramme änglich sind, Pfähle einzuschlagen.

Fig. 166 ist die Ramme, die Perronet benutzte und die nahe lenen übereinkommt, die man auch heut zu Tage in Frank- anwendet. Sie hat nur eine hintere Strebe und sonach die Winde, die zum Setzen der Pfähle dient, gerade in den n, wo die Arbeiter stehn, und diese müssen sich daher zu en Seiten gleichmäfsig vertheilen. Die Verbindung der ganzen tung erhält durch Zangen und Schraubenbolzen eine grofse figkeit, doch tritt dabei der Uebelstand ein, dafs die Zange r der Winde gerade in die Richtung des Taues trifft, mittelst sen die Pfähle gehoben werden. Das Rammtau selbst berührt Zange aber nicht, indem die Zugleinen schon oberhalb abgehn. i vielen französischen Rammen fehlt indessen diese Zange und ; ist nur deshalb hier angegeben, um die von Perronet benutzte nordnung vollständig darzustellen. Der wichtigste Theil ist die chere, in welcher der Klotz vor der vordern Wand spielt. Sie t hier zwar fest und sonach entbehrt sie des Vorzuges, dafs die ichtung des Schlages leicht verändert werden kann, aber sie ewährt dennoch den Vortheil, dafs man den Klotz bis unter die erschwellung der Ramme kann spielen lassen, und dieses ist be- onders beim Einrammen von Grundpfählen sehr wichtig, da es nbequem ist, die Ramme gar zu tief zu stellen. Ferner ist die Gröfse der Scheibe zu beachten, die 3¼ Fufs im Durchmesser hält, loch ist sie nicht vor, sondern hinter der vordern Wand der Ramme befestigt. Um die Schere deutlich darzustellen, war es nöthig, sie etwas weiter von der vordern Wand zu entfernen. Ihr Abstand beträgt in der Wirklichkeit nur 1 Fufs, wodurch auch die Scheibe eine andere Lage erhält, als in der Zeichnung ange- geben ist.

Fig. 167 zeigt ferner die sogenannte Stützenramme oder Schwanzramme, die in den Ostseehäfen üblich ist, und sich heils durch die Bequemlichkeit der Aufstellung und des Trans- ortes, und theils auch dadurch vortheilhaft auszeichnet, dafs man mit ihr in jeder beliebigen Neigung Pfähle einrammen kann. Sie

besteht, wie die Figur zeigt, nur aus der vordern verschwellten Wand und der Stütze oder dem Schwanze, während ein oder zwei Taue, die sogenannten Kopftaue, die jedoch nur bei einem beinahe senkrechten Stande erforderlich sind, sie zurückhalten, damit sie nicht vorn überschlägt. Die Windevorrichtung fehlt hier, dagegen ist am obern Ende der Stütze ein Haken befestigt, wo man einen Flaschenzug hängen kann, und mittelst dieses hebt die zahlreiche Mannschaft noch schneller den Pfahl, als mit der Winde. Will man die Ramme richten, so legt man die Läuferruthe nebst den Streben mit ihrem obern Ende auf einen gewöhnlichen Rüstbock und befestigt die Verbandstücke der vordern Wand unter sich und gegen die Schwelle. Alsdann setzt man die Stütze ein und verbindet mit dem Fufse derselben den einen Block eines Flaschenzuges, während der andere an den Fufs der Läuferruthe befestigt wird. Sobald man das in beide eingeschorne Tau anzieht, so richtet sich die Ramme von selbst auf. Das Versetzen oder Verfahren dieser Ramme ist aber insofern überaus leicht, als die Stütze einigen Spielraum in der Läuferruthe hat und man daher zuerst die Schwelle mit Brechstangen um einige Fufs fortschieben und sodann die Stütze an dem daran gebundenen Hebel weiter rücken kann. Eine Ramme dieser Art, die ich zur Kunstramme eingerichtet hatte und die 40 Fufs hoch war, wurde durch sechs Arbeiter ohne Mühe verfahren. Die gewöhnliche Ansicht, dafs man zum Versetzen grofser Rammen 20 bis 30 Mann nöthig habe, gilt keineswegs für diese Einrichtung. Dafs die Ramme minder fest steht, als andere, welche an sich viel schwerer sind und überdies noch durch die ganze Mannschaft belastet werden, ist nicht zu leugnen, doch ist ihre Beweglichkeit nicht störend und man kann durch passende Anordnung der Ueberwürfe, womit die Ruthe und die Streben gegen die Schwelle befestigt werden, die Schwankungen vollständig aufheben. Fig. 169 zeigt einen solchen Ueberwurf in der Ansicht von zwei Seiten, wobei der eingetriebene keilförmige Pflock beide Verbandstücke fest zusammendrängt, was beim gewöhnlichen Ueberwurfe nicht geschieht. Es ist hierbei aber nothwendig, alle Haken und Krammen recht stark zu machen und mit Widerhaken zu versehn, damit sie nicht aus dem Holze herausgerissen werden. Endlich wäre noch darauf aufmerksam zu machen, dafs die Schwelle nicht mit ihrer ganzen Grundfläche,

ern nur mit drei niedrigen Füfsen unter der Läuferruthe und
r den beiden Streben aufstehn darf, weil man sonst nicht mit
hstangen darunter fassen kann.

Es darf kaum erwähnt werden, dafs man auch feste Rammen
nrichten kann, dafs die Läuferruthen schräge stehn, dieses ge-
ht jedoch nur, wenn eine grofse Anzahl Pfähle unter einer
nmten Neigung eingerammt werden soll. Beim Bau der An-
dämme der Traject-Anstalt bei Lauenburg hatte man diese
:htung getroffen.

Beim Einrammen von Schräg-Pfählen verbietet es sich zuwei-
lie Läuferruthe an diejenige Seite des Pfahles zu bringen,
derselbe übergeneigt ist. Dieses geschieht zum Beispiel bei
erstärkung von Duc d'Alben, indem man an dieselben aus-
neue Pfähle stellt, die nach der Mitte hin geneigt sein
Auf dem Eise läfst sich dieses besonders bequem aus-
, und man könnte zwar die Stützen-Ramme, indem die
verlängert wird, so schräge stellen, dafs sie sich unter dem
:htigten Winkel nach vorn überneigt. Eine sorgfältige Ver-
ıg der Stütze gegen die Schwelle, wie auch die Anbringung
· Kopftaue wäre alsdann aber nothwendig. Es ist jedoch
ıer, die Ramme so über den Duc d'Albe zu stellen, dafs die
lle aufserhalb des zu setzenden Pfahles liegt. Man hängt
len Klotz verkehrt ein, so dafs er auf der untern oder der
Seite der Läuferruthe spielt und die Arbeiter sich aufserhalb
ordern Wand der Ramme befinden. Die Wirksamkeit wird
freilich durch den schrägen Zug an den Zugleinen merklich
ächt, aber ein wesentlicher Vortheil liegt darin, dafs man in
n seltenen Falle noch mittelst der gewöhnlichen Apparate
weck überhaupt erreicht. Es ist hierbei jedoch nöthig, zur
nderung der Reibung zwischen die Läuferruthe und die
an den Armen ein dünnes Brett einzuziehn, das so lang
r Klotz ist. Ich habe diese Anordnung vielfach benutzt und
n gefunden.

ehr einfach ist die Ramme, die in Holland vorzugsweise,
elbst bei den gröfsten Bauten angewendet wird. Fig. 168
ine solche. Sie hat gar keine Verschwellung und die drei
, welche die Rüstung bilden, sind unten mit eisernen Dornen
n, wie Fig. 171 einen solchen in gröfserem Maafsstabe dar-

stalk. oben sind sie durch einen Bolzen, den Fig. 170 zeigt, [illegible] einander verbunden. Dieser Bolzen ist mit einem Charnier in [illegible] Mitte versehen, daneben hat er auf jeder Seite einen Ansatz, w[illegible] die Unterlagscheibe sich lehnt, und an beiden Enden sind Sch[illegible] hungswinkel eingeschnitten, auf welche Muttern passen. Auf de[illegible] hen Seite des Bolzen (nach der Zeichnung) werden die beiden [illegible] in der vordern Wand der Ramme, und auf der rechten Seite [illegible] mige Baum, der die Stelle der Stütze versieht, aufgeschobe[illegible] mit den Schraubenmuttern befestigt. Es ergiebt sich hieraus, [illegible] die drei Bäume leicht beweglich sind und man sie willkührlich [illegible] auseinander stellen kann. Mit ihren Füßen stehn sie gewö[illegible] nicht unmittelbar auf dem Boden, weil sie darin zu tief ver[illegible] würden, vielmehr werden, wie die Figur zeigt, Bohlen unter[illegible] und auf diese oft noch andere Dielen, worauf die Arbeiter st[illegible] An das obere Ende dieses Bockes ist mittelst einer Kette oder [illegible] aus Tauen eine hölzerne oder auch eine eiserne Scheibe von 18 [illegible] Durchmesser in gehöriger Fassung angehängt. Der Rammklotz s[illegible] zwischen den dünnen Ruthen der Schere, die oben durch zwei d[illegible] gezeichnete eiserne Bügel gehalten werden und die man unten [illegible] mittelbar auf den Boden oder auf untergelegte Brettstücke stel[illegible] Mit der richtigen Stellung der Schere ist jederzeit ein Zimmergesel[illegible] ausschließlich beschäftigt, er verschiebt sie nicht nur in den Pass[illegible] sondern auch während der Arbeit, sobald es ihm nöthig schei[illegible] den Schlag des Klotzes mehr nach der einen oder nach der ande[illegible] Seite zu führen, und zuweilen hält er sogar die Schere längere Z[illegible] hindurch mit den Händen, um jeden einzelnen Schlag auf die [illegible] gemessene Stelle zu richten. Wenn diese Ramme zum senkrecht[illegible] Einschlagen von Pfählen benutzt wird, wie gemeinhin der Fall i[illegible] so muß sie durch ein Kopftau noch besonders gehalten werd[illegible] das neben der Stütze angebracht wird und welches das Umfall[illegible] der Rüstung, sowie auch das Verschieben derselben verhindert.

Viele Rammen, die man in Holland sieht, sind indessen no[illegible] einfacher, als diese, indem ihnen sogar die Stütze fehlt. Sie beste[illegible] nur aus den beiden Bäumen, welche die vordere Wand bilden, u[illegible] aus der Schere. Solche Rammen bedürfen indessen nicht nur d[illegible] jenigen Kopftaues, welches Fig. 168 zeigt, sondern außer dies[illegible] noch eines zweiten, welches nach vorn herabgeführt ist. Dabei d[illegible] nicht unbemerkt bleiben, daß man in den Niederlanden, obwohl d[illegible]

t jeder gröfsere Bau auf einen Pfahlrost gestellt werden
noch solche schwerfällige Zugrammen, wie bei uns, nie-

in England üblichen Zugrammen haben eine Rüstung,
it derjenigen der Kunstramme, die Fig. 195 auf Taf. XV
ist, ungefähr übereinstimmt. Sie unterscheidet sich jedoch
· theils dadurch, dafs ihr die Schere fehlt, und theils durch
re Verschwellung. Man sieht zuweilen solche Rammen,
fs hoch sind, deren Rammstube aber nur 8 Fufs im Ge-
lt. Aus diesem Grunde wird jederzeit ein Kopftau nach
gebracht, und oft befinden sich auch zwei solche seitwärts.
orderen Schwelle stehn die beiden Läuferruthen etwa im
von 6 Zoll. Dieselben sind oben durch einen Riegel mit
erbunden, und häufig noch durch einen zweiten nahe un-
ammscheibe. Aufserdem erheben sich von der Schwelle
en, die jedoch gemeinhin die Läuferruthen nur etwa in
en Höhe fassen. Eine zweite kürzere Schwelle liegt am
ide der Rammstube, und beide Schwellen werden durch
schwellen mit einander verbunden, die jedoch durch Ueber-
ollständig in die ersten eingelassen sind. Von der hintern
gehn zwei Streben nach den zwei kurzen Riegeln, die an
über den Läuferruthen befestigt sind, wie die Figur zeigt.
diesen Riegeln befindet sich die eiserne Rammscheibe, und
den hintern Streben sind Sprossen eingezogen, auf welchen
Scheibe steigen kann. Häufig, und besonders wenn die
ne gröfsere Höhe hat, sind die vorderen und hinteren
ch durch horizontale Riegel verbunden, oder solche ver-
hintern Streben mit den Läuferruthen. Die sämmtlichen
icke bestehn nur aus schwachem Kreuzholz, doch sind sie
durch genau schliefsende eiserne Bänder und durch Schrau-
verbunden, und die ganze Rüstung wird sorgfältig im Oel-
nterhalten. Die äufsern Flächen der Läuferruthen, neben
gufseiserne Rammklotz sich bewegt, sind mit Eisenschie-
det.

n Frankreich üblichen Rammen schliefsen sich ungefähr
'erronet benutzten an, doch stehn die Läuferruthen oft so
n einander, dafs der Klotz nicht dazwischen hängt, son-
seinen beiden Armen hindurchgreift, wie Fig. 162 angiebt.

Hier wäre nur zu bemerken, dafs man zuweilen auch Ramm
zwei Scheiben und zwei Rammtaue sieht. Letztere steig
neben einander vom Klotze zu den beiden Scheiben auf, d
also nahe berühren müssen, diese sind aber nicht parallel, s
unter einem rechten Winkel gegen einander gerichtet, und
von besondern Rahmen getragen. Die beiden Rammtaue en
sich bei dieser Anordnung von einander, und dadurch wird e
lich, die Zugleinen weniger schräge herabzuführen. Da jed
Entfernung der herabgehenden Rammtaue, wenn die Scheibe
4 Fufs im Durchmesser halten, noch nicht 6 Fufs beträgt, s
des Tau sich nur 3 Fufs von derjenigen Richtung entfernt, d
einfache Tau haben würde, so ist der hierdurch erreichte V
in Betreff des mehr senkrecht gerichteten Zuges nicht von Bede

Endlich wäre noch einer Ramme zu erwähnen, die si
allen übrigen dadurch unterscheidet, dafs sie in bedeutende
stande von ihrer Verschwellung die Pfähle setzt und ein
Beim Bau der Hafendämme in Stolpmünde kam es darauf
der Richtung dieser Dämme Rüstungen frei in die See hi
führen, von welchen aus die weiteren Ramm- und sonstigen
ten bewirkt werden könnten. Es sollten nämlich im Abstan
8 Fufs Joche hergestellt werden, deren jedes zunächst a
Pfählen bestand. Indem die See aber selten so ruhig ist, d
Rammarbeit vom Prahne aus erfolgen kann, und beim Begi
Baues, mitten im Winter, dieses am wenigsten erwartet
konnte, so mufste man eine Ramme benutzen, deren Läufer
vortrat, dafs man von der Rüstung auf den bereits fertigen
aus, die Pfähle des neuen Joches setzen konnte. Die zu
Zwecke construirte Ramme, die auf Fig. 214 auf Taf. XVI pe
visch dargestellt ist, erfüllte diese Aufgabe vollständig, und wurde
gesetzt benutzt, wiewohl ihre Leistung noch dadurch erschwert
dafs bei der Ausführung ein Abstand der Joche von 9 Fufs g
war. Die Figur giebt die ganze Zusammensetzung der Masc
speciell an, dafs eine nähere Erklärung entbehrlich ist. I
nutzung zweier Rammscheiben, wodurch unbedingt die Reibu
gröfsert wird, liefs sich nicht vermeiden, doch war dieser Ueb
nur geringe im Vergleich zu dem wesentlichen Vortheil, dafs
beit beinahe ganz unabhängig von Wind und Wetter ausgefüh
den konnte. Auf der Laufbrücke wurden die vorbereiteten

schafft, und mit der Ramme gesetzt und eingeschlagen. Von beiden weit vortretenden Schwellen aus liefs sich auch leicht Bohle hochkantig an die neugestellten Pfähle nageln, und hier eine Rüstung legen, um die Pfähle abzuschneiden, mit Blattn zu versehn und den Holm aufzubringen, worauf das folgende in Angriff genommen werden konnte. Nur an sehr wenigen n, wenn die Wellen bis zum Bohlenbelage anstiegen, mufste die it unterbrochen werden. Der Baumeister Leiter, der die Auft über diesen Bau führte, hatte diese Ramme, die Pionirme genannt wurde, construirt.

Nächst der Rüstung verdient der Rammklotz oder der Bär nähere Beschreibung. Derselbe besteht aus Holz oder aus Gufs. Sein Gewicht beträgt nach Maafsgabe des Widerstandes, den Pfähle dem Eindringen entgegensetzen, 6 bis 12 Centner, doch en beide Grenzen zuweilen überschritten. Der hölzerne mklotz besteht aus einem gesunden und starken Stücke, geilich dem Stammende einer Eiche. Bei den harten Stöfsen, der ausgesetzt ist, so wie der dauernden Einwirkung der Witg, wobei er bald nafs, und bald durch Sonne und Wind wierocken wird, ist die Wahl eines besonders kräftigen und fehien Holzes unbedingtes Erfordernifs. Ist man in dieser Bezienicht vorsichtig gewesen, so pflegt der Klotz bald zu reifsen, littern, auch wohl zu spalten und sich stumpf zu schlagen, das die untern Enden der Holzfasern legen sich um, wodurch eine e Grundfläche entsteht, die jeden kräftigen Schlag mildert und Wirkung schwächt. Es kann indessen selbst das festete Holz rschütterung nicht lange widerstehn, die es bei diesem immer rholten Aufstofsen erfährt, wenn man es nicht durch starke rne Ringe zusammenhält. Damit der Ring es aber fest umfst, ist es nothwendig, dafs das Holz schon vorher ziemlich trocknet war. Gewöhnlich wird der Rammklotz prismatisch war mit quadratischem Querschnitte bearbeitet. Oben und unchneidet man entweder ringsumher oder wenigstens an der , welche sich gegen die Läuferruthe lehnt, Falze von ½ Zoll ein, weil der Beschlag daselbst nicht vorstehn darf, und in Falze treibt man die eisernen Ringe. Jeder derselben wird Theil durch Nägel befestigt, hauptsächlich geschieht dieses aber vier eiserne Schienen, die man in die Mitte der Seiten ein-

läfst und die mit ihren umgebogenen Rändern den Ring halten werden, nachdem der Ring aufgetrieben ist, unter denselben i schon früher eingeschnittenen vertieften Rinnen eingeschoben gleichfalls durch Nägel oder auch wohl durch Krammen be doch müssen im letzten Falle die Schienen auch am oben einen umgebogenen Rand erhalten und lassen sich alsdann m dem Ringe zugleich einbringen. Fig. 172 zeigt diese Anordnu wohl in der Seitenansicht des Klotzes, als auch im Längen schnitte. Es tritt hierbei indessen der grofse Uebelstand ein die Ringe durch die Schienen und Nägel wohl am Herabfall hindert werden, ihnen dadurch aber keineswegs der feste S gesichert wird, sie daher beim Eintrocknen des Holzes lose w und der Klotz Risse bekommt, sich stumpf schlägt und oft in mehrere Stücke zerfällt. Will man dieses verhindern, so m die Ringe, welche durch die starken Stöfse während des Geb der Ramme immer abwärts getrieben werden, sich eben dadu selbst wieder festsetzen, wenn sie auch durch das Trockn Schwinden des Holzes lose geworden sein sollten. Zu Zwecke darf der Klotz keine prismatische, sondern mufs v eine pyramidale Form erhalten, indem er nach oben und u beiden Richtungen sich verjüngt. Sowohl die untere, als di Fläche desselben wird gegen diejenige Seite, die sich an die ruthe lehnt, senkrecht abgeschnitten, und damit die Ringe, nen man bei gröfseren Klötzen sogar drei auftreiben kann, gespannt werden können, so müssen sie hinreichende Bre Stärke erhalten, besonders gilt dieses aber von dem unter wenigstens $\frac{1}{2}$ Zoll stark und 2 Zoll breit werden mufs. All werden von oben aufgetrieben, und damit sie sämmtlich, w der unterste sich noch senken können, so darf dieser dem Ende des Klotzes nicht zu nahe liegen, sondern mufs Anfan 6 Zoll davon entfernt bleiben. Alle Ringe stehn alsdann Seitenflächen des Klotzes weit vor und würden die Läuferrut beschädigen, wenn man sie nicht davon gehörig entfernt könnte. Dieses geschieht dadurch, dafs man ein dünnes B Eichenholz darüber nagelt, welches an den Stellen. wo es d nen Ringe trifft, passend ausgeschnitten ist. Man erreicht noch den Vortheil, dafs man dieses Brettchen glatt behobelt auswählen kann, dafs es recht gerade Fasern hat, wodurch

g gegen die Läuferruthe geringer wird, als wenn der Rammz sich unmittelbar dagegen lehnte. Fig. 173 *a* und *b* zeigt die hriebene Anordnung. Ich habe einen Klotz dieser Art einige re hindurch bei einer Kunstramme benutzt, und er wurde, trotz viel stärkeren Erschütterungen, die er erlitt, dennoch weit wer beschädigt, als die auf gewöhnliche Art beschlagenen Rammze der Zugrammen, doch auch bei den letzten zeigte sich dieveränderte Beschlag in gleichem Maafse vortheilhaft, indem dach die vielfachen Reparaturen aufhörten, die früher immer erliche Kosten verursacht und häufig den Betrieb der Arbeit unrochen hatten. Es mufs aber noch bemerkt werden, dafs die ge heifs aufgetrieben werden müssen.

Die Verbindung der Arme mit dem Rammklotze ist demnächst wichtig. Häufig versieht man die Arme nur mit gewöhnlichen matischen Zapfen, die bedeutend schwächer als sie selbst sind, setzt diese in Zapfenlöcher ein, worin sie verbohrt und mit ernen Nägeln befestigt werden. Zuweilen giebt man ihnen ralbenschwanzförmige Zapfen, wie Fig. 174 auf Taf. XIV zeigt, durch Keile von unten festgestellt, auch wohl mit hölzernen Nägehalten werden. Diese Verbindungen sind indessen nicht pas, denn es ist kein Grund vorhanden, die Ausarbeitung eines en Zapfenloches im Klotze zu vermeiden, da eine Schwächung elben doch nicht eintritt. Diese Arme stehn aber seitwärts vor Klotze vor und jeder Stofs trifft sie eben so, wie den Klotz t, ein Abbrechen des Zapfens ist also leicht möglich, wenn der in der Verbindung mit dem Arme geschwächt wird. Dazu mt noch, dafs die Nässe sich in das Zapfenloch hineinzieht, er man beim Ausnehmen eines Armes immer bemerkt, wie der besonders an der Stelle, wo er die Seitenfläche des Klotzes , angefault und verrottet ist, während er in dem vorstehenden le noch frisches Holz hat. Gerade da, wo der Stofs am leichn den Bruch bewirken kann, ist auch der Einfluss der Witte am nachtheiligsten. Hiernach ist es nicht zu billigen, wenn an eben dieser Stelle den Querschnitt schwächt. Die in der dargestellte Befestigungsart mit dem schwalbenschwanzförmiZapfen und dem eingetriebenen Keile ist aber auch an sich nicht nessen, da eine solche Verbindung theils durch das Eintrocknen lolzes, und theils durch die heftigen Stöfse sich bald löst, so

dafs der Keil herausfallt, während die hölzernen Nägel
Kurzem brechen, wenn sie allein den Arm halten sollen.
brechen der Arme mufs aber mit der gröfsten Vorsicht v
werden, weil sie alsdann vielleicht aus grofser Höhe auf d
ter fallen und diese beschädigen würden. Am sichersten is
Arm in seiner ganzen Höhe und Stärke in den Klotz ein
lassen und ihn durch einen horizontal durchgesteckten eise
zen von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, der die ganze Breite des Kl
Länge hat, zu befestigen, wie Fig. 173 auf Taf. XIII ze
Bolzen wird durch die Stöfse, die ihn von unten treffen,
schoben, wenn er nur einigermaafsen im Bohrloche festsitzt
nicht gar zu willig aus- und eintreiben läfst. Hat der
Arme, so wird ein Bolzen immer je zwei derselben festha
bei acht Armen oder bei einer Scher-Ramme genügen
zwei Bolzen, doch können sie im letzten Falle auch ganz
durch hölzerne Nägel ersetzt werden, indem je zwei Arme
hindurchreichenden Stücke Holz bestehn.

Werden die Arme an ihrem hintern Ende noch mit
versehn, so erhalten sie zu diesem Zwecke quadratische
von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll Weite und Höhe. Der Riegel hat an
Seite einen seitwärts vortretenden Kopf, damit er sich
hindurchschieben kann, und auf der andern Seite wird er
durch einen vorgeschlagenen gewöhnlichen eisernen Nagel
Man wählt statt des letztern zuweilen auch einen kleinen
bolzen, der aber leicht ausspringt, wodurch der Riegel g
und herabfällt. Jedenfalls wird der Riegel aber nicht fes
ben, sondern nur lose eingesteckt, und sonach sind di
Ringe, die man auf die Arme aufzuschlagen pflegt, e
Ueberhaupt mufs man sich hüten, am Rammklotze und a
men desselben viele Beschläge anzubringen, denn durch d
Stöfse werden sie doch bald gelöst und sie nützen alsdann
nichts, sondern veranlassen beim Herabfallen auch Gefa
Arbeiter.

Die Oese, woran das Tau befestigt wird, kann ent
mittelbar an den Klotz angeschnitten werden, wie dieses i
zu geschehn pflegt. Aus Figur 168 ergiebt sich diese A
und dieselbe empfiehlt sich dadurch, dafs das Tau weni
indem es kein Eisen berührt, auch nicht so scharf gek

sich dieses auch bei eisernen Krammen vermeiden. Die erursacht weniger Kosten, als die hölzerne Oese, insofern änglich ist, und von einem Klotze, sobald er zerschlagen ult ist, auf einen andern übertragen werden kann, die höl- ist aber nicht nur wegen der Arbeit kostbar, sondern ch für das zum Rammklotze zu wählende Holzstück schon gröfsere Länge. Endlich aber gewährt die Kramme noch il, dafs man mit grofser Sicherheit, nachdem der Klotz bearbeitet, beschlagen und mit den Armen versehn ist, genau über dem Schwerpunkte aussuchen und dadurch der Ramme erleichtern kann. Fig. 175 zeigt eine eiserne n der Seitenansicht. Sie mufs mindestens 1 Zoll und bei Rammen bis 1¼ Zoll im Durchmesser halten und eine 1 9 bis 12 Zoll haben. Die beiden Spitzen, womit sie n wird, sind mit Widerhaken versehn und genau parallel r gerichtet. Wenn sie auf solche Art ausgeschmiedet ist gehörigem Vorbohren der Löcher kalt eingeschlagen wird, an nicht befürchten, dafs sie herausgerissen oder zerbro- en möchte, sie bleibt vielmehr, so lange man den Klotz ann, fest darin stecken und leidet in keiner Beziehung. r endlich der Klotz zerschlagen wird, so kann sie unmit- ohne alle Reparatur wieder bei einem andern Klotze ge- erden.

eiserne Rammklötze werden bei Kunst- und Dampf- ewöhnlich angewendet, aber auch bei Zugrammen werden erer Zeit vielfach benutzt. Ihr Vorzug vor den hölzernen rin, dafs sie an sich keine Unterhaltungskosten erfordern r That unverwüstlich sind. Man darf sie aber nicht un- an hölzernen Läuferruthen sich bewegen lassen, weil sie t angreifen, es ist daher nöthig entweder die Ruthen mit beschlagen, oder den Klotz an der reibenden Fläche mit verkleiden. Sodann ist auch die Befestigung der Arme r und weniger sicher, und überdiefs tritt bei ihnen noch stand ein, dafs die Pfähle stark angegriffen werden und plittern oder spalten, woher man auf die Köpfe derselben nge aufzutreiben pflegt. Der letzte Uebelstand vermindert ermaafsen dadurch, dafs man dem Klotze keine convexe he giebt, wie oft geschieht, sondern eine ebene, und noch

besser ist es, sie etwas concav zu machen. Zum Befestige
Arme werden die Oeffnungen für diese gleich beim Gusse
stellt, man muſs aber dafür sorgen, daſs sie hinreichend weit
weil schwache Arme bei dem dauernden Aufstoſsen auf die
masse leichter abbrechen, als bei hölzernen Rammklötzen. D
festigung der Arme ist sehr verschieden, erfordert jedoch
groſse Vorsicht, damit kein Theil derselben sich lösen und
fallen kann. Wenn der Klotz neben der Läuferruthe verkleide
den soll, so giebt man dem vortretenden Theile des Arme
etwas gröſsere Stärke, als diese Oeffnung hat, so daſs er,
Fig. 176 zeigt, mit den vortretenden Rändern zugleich das Bre
hält, welches die unmittelbare Berührung des Klotzes und der
ferruthe verhindert. Keilförmige Splinte auf der andern Seit
nen zur Befestigung der Arme. Dieselbe Figur zeigt die ge
liche Oese, zuweilen benutzt man aber auch hier eine Kramme
einen Bügel aus Schmiedeeisen, der in die Gulsform gesetzt und
angegossen wird.

Ein andrer wichtiger Theil der Zugramme ist die Sch
worüber das Rammtau geführt wird. Hauptbedingung für di
ist es, daſs sie das Tau in solcher Richtung faſst, daſs es p
zur Läuferruthe gespannt wird. Die Scheibe muſs also eben s
vor die Läuferruthe vortreten, wie der Aufhängungspunkt des Kl
oder nach der obigen Bedingung wie der Schwerpunkt dess
und aufserdem muſs sie auch in die Ebene fallen, welche die
linie der Läuferruthe schneidet. Diese Bedingungen zeigen sic
sonders in dem Falle als nothwendig, wenn der Klotz bis na
die Scheibe gehoben werden soll, was beim jedesmaligen Setz
nes Pfahles der Fall zu sein pflegt. Demnächst darf die Sc
nicht einen gar zu kleinen Durchmesser erhalten. Es ges
nicht selten, daſs dieser nur 8 bis 9 Zoll miſst, doch geht al
nicht nur ein groſser Theil der Kraft in der Ueberwindun
Steifigkeit des Seiles verloren, sondern aufserdem wird die Re
an der Achse auch sehr groſs, was hier um so mehr zu be
sichtigen ist, als gemeinhin die Scheibe sich nicht mit der A
sondern vielmehr um dieselbe dreht, wodurch eine weniger
mäſsige Bewegung und ein stärkeres Schleifen und Klemmen
steht. Bis zu welchem Grade die Reibung auf diese Art an
sen kann, läſst sich nicht sicher nachweisen, doch ist ihre Zu

enfalls viel gröſser, als man nach der Verschiedenheit der Halbmesser der Scheiben erwarten sollte. Was den Einfluſs der Steifigkeit des Taues betrifft, so läſst sich dieser mit Zugrundelegung der wöhnlichen Annahme für Scheiben von verschiedener Gröſse und r ein bestimmtes Gewicht des Rammklotzes leicht finden. Der lotz mag 12 Centner wiegen und das Tau $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesr halten, alsdann wird die Reibung, oder der nöthige Ueberschuſs r Kraft über die Last,

wenn die Scheibe			9	Zoll		miſst	165	Pfund	
-	-	-	12	-	-	. . . .	121	-	
-	-	-	18	-	-	. . . .	82	-	
-	-	-	24	-	-	. . . .	62	-	
-	-	-	30	-	-	. . . .	49	-	
-	-	-	36	-	-	. . . .	41	-	

an kann also nach diesem Beispiele in Beziehung auf die Steifigeit des Seiles die nöthige Kraft schon um 100 Pfund vermindern, obald man die Scheibe von 9 auf 24 Zoll vergröſsert. In Betreff er Reibung wird der Vortheil aber noch gröſser. In England hat an die Erfahrung gemacht, daſs der fünfte Theil der Mannschaft ntbehrlich wurde, sobald man statt der dort üblichen Scheiben von 0 Zoll Durchmesser, 4 Fuſs hohe Scheiben benutzte, die aber auch och insofern eine Vervollkommnung erfahren hatten, als die Achse n der Scheibe befestigt war und in Pfannen lief.

Das Material, woraus die Scheibe gewöhnlich besteht, ist olz, doch wählt man dazu solche Arten, die nicht nur hart sind, ndern sich auch recht glatt reiben, und wo sie über den Spahn eschnitten sind, keine groſse Schärfe zeigen. Aus diesem Grunde st Eichenholz hierzu nicht passend, dagegen wird Weifsbuchen-, uch Birken- und bei kleineren Scheiben das sehr feste und dauerafte Guajak- oder Pockholz besonders benutzt. Man dreht die Scheiben, wenn sie klein sind, aus vollem Holze aus, und selbst gröſsere werden zuweilen aus mehreren Bohlenstücken so zusammengesetzt, daſs die Holzfasern durchweg parallel liegen. Fig. 177 eigt eine Scheibe dieser Art von 2 Fuſs Durchmesser, die bei den ammarbeiten am Ems-Canale in der Gegend von Lingen angewenet wurde. Die drei Bohlenstücke waren darin theils durch Federn nd Nuthen und theils durch vier eingeschobene und verbohrte höleme Dübel, auſserdem aber noch an jeder Seite durch fünf eiserne

Schienen verbunden. Es ist indessen vortheilhafter, di
aus mehreren Stücken so zusammenzusetzen, dafs sie v
räder aus Armen und Felgenstücken bestehn. Fig. 178
Seitenansicht und im verticalen Durchschnitt eine sole
Scheibe, die häufig vorkommt. Die beiden Verbandstü
die Arme bilden, sind überblattet und in die Felgen ver
eiserne Schienen, die in kreuzweiser Richtung auf beide
gelassen sind, verbinden die Arme mit den betreffenden
bilden zugleich die Pfannen, womit die Scheibe den Bo
der ihr zur Achse dient. Besonders wichtig ist es, n
nig Hirnholz in der Rille, worin das Tau ruht, vortret
weil das Tau dadurch besonders leidet. Die Scheibe
nämlich keineswegs immer übereinstimmend mit dem d
den Tau. Dieses geschieht freilich während des A
Klotzes, wobei das Tau stark gespannt ist und durch s
der Scheibe die gleiche Bewegung mittheilt. Auch we
herabfällt, nimmt die Scheibe bald die der früheren ent
Bewegung an, aber sobald der Klotz aufschlägt, so w
das nunmehr ganz lose auf der Scheibe liegt, zurückg
die Scheibe, welche in diesem Moment eine grofse Ge
angenommen hat, kommt nicht augenblicklich zum Sti
dern dreht sich noch weiter und hierbei erfolgt vorz
starke Abnutzung des Taues, die immer um so gröfse
her und schärfer das Holz in der Rille war. — Die
freilich in ziemlich kurzer Zeit eine polirte Oberfläche
dennoch die Reibung nicht aufhört, giebt sich am deu
durch zu erkennen, dafs die Rillen immer tiefer werde
testen gleitet das Tau über diejenigen Stellen, wo di
tangential liegen, und dadurch rechtfertigt es sich, d
Kranz der Scheibe nicht nur aus vier Felgenstücken zu
sondern dafs man dazu, wo möglich, auch krummgewa
nimmt, welches sich überdiefs sicherer durch die Zapf
läfst. Bei gröfseren Scheiben wird die Anzahl der
gleichfalls gröfser, und man mufs alsdann auch die Anz
vermehren, die sich in diesem Falle aber nicht meh
lassen, sondern mit Zapfen in einander greifen, oder n
Scheibe, wie einem Wagenrade, eine vollständige Nabe
delt die Arme in Speichen, wie in Frankreich oft gesc

noch nöthig, die einzelnen Felgenstücke durch Schie-
nder zu verbinden.

eibe findet gewöhnlich in der Läuferruthe ihre Be-
woselbst sie in einen Schlitz eingesetzt wird, man
sdann die beiden Backen des Schlitzes so, dafs theils
ihnten Bedingung über das Vortreten der Scheibe vor
he Genüge geschieht, und theils auch das Bohrloch für
ht gar zu nahe an den vordern oder hintern Rand der
ıt. Die Achse besteht bei den gewöhnlichen Ram-
ı losen Bolzen mit vorgestecktem und umgebogenem
emeinhin pflegt dieselbe bei der Bewegung der Scheibe
gleich einige Drehung anzunehmen. Sie greift alsdann
worauf sie ruht, stark an. Aus diesem Grunde ist es
lie Schienen zu verstärken und mit förmlichen Pfannen
zu versehn, die gleich beim Ausschmieden dargestellt
neinhin setzen sich diese Schienen noch weiter auf- und
und bei der Stützenramme ist es üblich, dafs sie zu-
ılzen, durch welchen die Stütze gehalten wird, umfas-
ınter die Ringe reichen, woran die Kopftaue befestigt
selben Schienen reichen aber noch weiter abwärts und
wo sie gegen die Streben treffen, Verlängerungen, wel-
arniere mit ihnen verbunden sind und wieder den drit-
mfassen, der beide Streben mit der Läuferruthe ver-
167 zeigt diese Anordnung.

ich ist die Rille in der Scheibe nicht tief eingeschnitten
:ht alsdann die Besorgnifs, dafs das Tau herausfallen
dieses zu verhindern, setzt man an die Läuferruthe
iten noch breite Backenstücke an, welche etwas
ie Scheibe, nach vorn und nach hinten vortreten und
Herausspringen des Taues unmöglich machen. Diese
man aber nicht allein durch Nägel befestigen, weil sie
lle sich leicht lösen und herabstürzen könnten, minde-
ıf jeder Seite ein Schraubenbolzen, bei dem die Mutter
;ezogen ist, hindurchgehn.

ie Scheibe einen Durchmesser von 4 bis 5 Fufs erhält,
chland und Holland zwar nicht vorkommt, wohl aber
und England, so darf sie nicht mehr lose auf der
en, sondern letztere mufs an sie befestigt sein und

sich zugleich mit ihr umdrehn. Dieses begründet sich dadu
die Entfernung der Stützpunkte, welche die senkrechte St
Scheibe sichern, ohne dafs diese sich gegen die Läuferru
hierdurch gröfser wird und sonach eine Neigung nach
nicht so leicht erfolgen kann. Wenn nach der gewöhnl
richtung die Scheibe sich auf der Achse dreht, so schlei
Buchse nicht gleichmäfsig aus, sondern das ursprünglich
Loch wird bald an beiden Seiten weiter als in der Mitt
mehr neigt sich die Scheibe stark seitwärts und fängt a
gen die Ruthen oder die erwähnten Backen zu schleife
ein grofser Kraftverlust entsteht. Diesem Uebelstande
vor, wenn die Achse innerhalb der Scheibe viereckig
beiden vorstehenden Enden cylindrisch ausgeschmiedet un
wird. Mit diesen Enden läfst man sie in gehörigen Pfan
laufen, und wenn sich hier nach und nach auch einige
zeigt, die man jedoch durch gehöriges Einschmieren sehr
kann, so läuft die Scheibe dennoch immer frei und j
gegen die Ruthe tritt nicht ein.

Die Pfannenlager kann man auf Knaggen legen,
gen die Läuferruthen befestigt, doch sind in diesem Fa
hende Schraubenbolzen nothwendig, weil die Nägel sic
ziehn. Dasselbe ist auch zu besorgen, wenn man eise
der unter den Knaggen oder Riegeln anbringen wollte,
nur mit Nägeln befestigt wären. Fig. 179 zeigt die Vor
ser Art, die bei den Rammen am Ems-Canale getroffen
Knagge wurde durch 2 Bolzen gehalten und beide verb
im obern Theile, so dafs sie zugleich die Stelle der
sahn. Man mufs statt der Knaggen schon Riegel anwen
weiter rückwärts die Pfannen tragen, sobald das Rad so
dafs seine Achse etwa 3 Zoll, oder noch weiter hinter
ruthe trifft. Sehr einfach wird diese Anordnung, wie
der Seitenansicht und im horizontalen Querschnitt zeigt
Ramme zwei Läuferruthen hat. An jede derselben bolz
lich von aufsen einen Riegel, und beide Riegel sind auf
Seite wieder mit der Strebe oder Stütze durch einen Sc
zen verbunden. Es ist hier jedoch nothwendig, dafs di
mer eine bestimmte Neigung gegen die Läuferruthe beh
Endlich wendet man auch zuweilen zwei Scheib

erwähnt die Zugleinen weniger schräge wirken zu las-
31 zeigt die Befestigungsart zweier Scheiben von 5 Fuſs
, wie ich solche in Havre sah. Jede Scheibe hat ne-
i Riegel, die theils auf einer gegen die Stütze gebolz-
ch Bänder unterstützten Schwelle aufliegen und theils
uferruthen und zwei Stiele befestigt sind. Diese Stiele
er andern Schwelle auf, welche wieder in gleicher Art,
thnte, von den Läuferruthen getragen wird. Hierbei
e Oese des Rammklotzes neben einander zwei Taue
leren hintere Enden auf den andern Seiten der Schei-
uſs von einander entfernten.

isher nur von hölzernen Scheiben die Rede gewesen,
ieht man die Ramme aber auch mit gufseisernen
oder es geschieht wohl, daſs man die Rille in der höl-
e, um ein Abschleifen zu verhindern, mit eisernen
üttert. Das erste kommt bei den bessern Rammen in
öhnlich vor, das letzte sieht man nicht selten in Frank-
ıtlich wenn gröſsere Scheiben benutzt werden. Man
, daſs das Rammtau, wenn es über Eisen oder über-
letall läuft, stark angegriffen wird, auch daſs es sich
und auf diese Art leidet. Die Erhitzung steht in ge-
ng zur Reibung, wenn daher letztere sehr groſs ist, so
e Abnutzung bedeutend, besonders wenn die Wärme so
lte, daſs das Tau zu rauchen anfinge. Ich habe häufig
ıen Rammscheiben arbeiten lassen, aber dabei nie eine
ler Scheibe und ebensowenig des Taues wahrgenom-
eibung und die daraus hervorgehende Abnutzung des
freilich bei Anwendung gufseiserner Scheiben oder ei-
en sehr bedeutend und viel gröſser werden, als beim
das Eisen noch die rauhe Gufsfläche hat, oder die
mit einer groben Feile bearbeitet sind und wohl gar
charfe Ränder haben. Man muſs also möglichst dafür
lem Gebrauche solche Unebenheiten zu entfernen, der
selben ist hier viel gröſser, als bei einer andern Be-
Scheiben, indem, wie bereits erwähnt, beim Aufschla-
mklotzes die Scheibe sich noch weiter dreht, während
gehalten wird, und diese Bewegung der Scheibe setzt
inger fort, je gröſser ihr Gewicht und namentlich das

des Kranzes ist. In der letzten Beziehung zeigt sich das G
aber nicht ungünstig, denn wenn es auch ein viel gröfser
fisches Gewicht als Holz hat, so darf es dagegen auch s
gehalten werden, indem die vortretenden Ränder, welch
tiefte Rille bilden, schon dem Rade die nöthige Festigk
und wenn sonach eine gufseiserne Scheibe auch immer n
rer bleibt als eine hölzerne, so ist der Unterschied des
dennoch nicht so bedeutend, dafs er das Moment der Be
eine nachtheilige Art vermehren könnte. Der wichtige V
gufseisernen Scheiben ist aber ihre Dauer und Festigkei
sich die Achse darin sicherer anbringen, so dafs die Dre
mäfsiger als bei hölzernen Scheiben erfolgt. Dazu k
dafs diese Räder sich bei längerem Gebrauche sehr gla
und die Rillen mit der Zeit solche Politur annehmen, a
ausgeschliffen wären. Alsdann ist die Abnutzung der
viel geringer, als bei hölzernen Scheiben.

Fig. 182 zeigt eine gufseiserne Scheibe, ähnlich
schon bei Gelegenheit der Scher-Ramme (Fig. 168)
Man kann dieselbe bei kleineren Rammen sehr zweck
nutzen und sie ist auch sonst auf jeder gröfseren Ba
brauchbar. Ihre Construction ergiebt sich aus den Fig
ist dabei nur zu erwähnen, dafs die Achse in die Sch
keilt ist und auf Pfannen ruht, welche seitwärts vor
vortreten, die Fassung aber besteht aus zwei geschmied
die mittelst dreier Riegel mit einander verbunden sind.
gel ist an jeder Seite mit einer Schraubenspindel versehr
jede Platte greifen drei solche Spindeln, die mittelst
angezogen werden. Zwischen dem eigentlichen Riege
Schraubengewinde befindet sich noch ein kurzer Theil
tischem Querschnitt, dieser steckt in der Fassung und
Drehen des Riegels, während die Schraubenmutter ange
Wenn die Riegel passend ausgefeilt sind, so erhält die
sung der Scheibe eine grofse Festigkeit. Es ist aber
merken, dafs durch die Mitte des obern Riegels ein Hak
greift, der unten mit einem Kopfe versehn ist und e
bildet.

Das Rammtau ist derjenige Theil des Appara
schnellsten abgängig wird, und dieses rührt hauptsächlic

nieht her, wodurch das Tau nicht dauernd in einer ge-
pannung erhalten wird, sondern eine solche abwechselnd
d wieder aufhört. Aus diesem Grunde muſs das Tau eine
tärke erhalten, als wenn es nur dazu dienen sollte, den
s zu tragen, oder mit mäſsiger Geschwindigkeit zu heben.
s ist aber eine groſse Dicke und ein groſses Gewicht des
h sehr nachtheilig, denn durch die erstere vermehrt sich
keit und die Kraft, die zur Ueberwindung derselben er-
ist, und das groſse Gewicht des Taues vermindert wieder
des Klotzes beim Herabfallen. Aus diesem Grunde em-
sich, das beste Tauwerk, das man bekommen kann, zu
Die Mehrkosten dafür werden, abgesehn von den übrigen
durch die längere Dauer desselben reichlich aufgewogen,
ist es aber, daſs das Rammtau bei geringem Durchmesser
:hte recht fest und dabei möglichst biegsam sein muſs.
Tauwerk ist aus dem letzten Grunde ganz unpassend.
vorzugsweise darauf zu sehn, daſs das Tau aus reinem
onnen ist, und man überzeugt sich hiervon, wenn man
aufzerrt, es in die einzelnen Stränge und Drähte zerlegt
diese noch löst und untersucht, ob überall recht feine und
Fasern vorkommen, oder ob vielleicht dazwischen noch
der holzigen Masse des Hanfstengels liegen. Im letzte-
st das Tau schon im Allgemeinen von geringem Werthe,
:au aber ganz unbrauchbar. Ferner ist es vortheilhaft,
tau links spinnen zu lassen. Es werden nämlich ge-
alle Drähte, sowie auch die Stränge, die schon aus den
Drähten oder den zuerst gesponnenen Fäden bestehn,
ponnen, das heifst die Windung ist in derselben Richtung
, wie bei der gewöhnlichen Schraube. Hält man den
er den Faden senkrecht vor sich, so sieht man die Win-
der linken Seite nach der rechten ansteigen. Werden die
n einem Tau verbunden, so spinnt man sie gewöhnlich
hts, links gesponnen ist aber dasjenige Tau, in welchem
ng der Stränge derjenigen der einzelnen Fäden entgegen-

Hält man ein solches Tau wieder vor sich, so bemerkt
die Windung von der rechten Seite nach der linken an-
diesem Falle vermindert sich etwas die Steifigkeit der
Fäden und das Tau wird dadurch biegsamer, man meint

aber, dafs es sich stärker reckt oder ausdehnt, als das sponnene, was jedoch bei dieser Anwendungsart nicht lig ist.

Wenn das Tau aus vorzüglichem Material besteht, eine Stärke von 16 Linien im Durchmesser *) für einen schweren Klotz, und ein solches Tau pflegt sich bei fo Gebrauche während der gewöhnlichen Arbeitsstunden ei hindurch ohne Beschädigung zu erhalten. Zuerst wird griffen, wo es die Rammscheibe trifft, während der Kl Pfahle steht. Diese Stelle ist zwar bald höher und bal aber die Anzahl der Schläge auf jeden Pfahl, so lan schnell eindringt, sehr unbedeutend gegen diejenige ble trifft, wenn er schon beinahe seine ganze Tiefe erreicht stimmt sich die Stelle der stärksten Beschädigung im nach der Tiefe, zu welcher die Pfähle durchschnittlich werden. Wenn diese Stelle nicht gerade in die Mitt trifft, so kann man, sobald sich Beschädigungen zeig noch umkehren und das Ende, woran früher die Zug steckt waren, an die Oese des Klotzes befestigen.

Das Anbinden des Taues an den Klotz geschieht Art, wie bei Gelegenheit der Befestigung des Gestänges ren Artesischer Brunnen (§. 10.) erwähnt wurde, und z wohl, wenn eine hölzerne, als wenn eine eiserne Oese klotze angebracht ist. Im letzten Falle darf man indes nicht unmittelbar um diese Oese oder die Kramme schl hier die Windung zu scharf wäre, der Gebrauch der eisernen Rinnen oder der Kauschen ist hier aber nic weil dieselben sich bei den starken Stöfsen zu leich Man umwindet daher die Kramme einige Zoll hoch mit werk und darüber mit Leinen, wodurch eine noch weic lage gebildet wird, als die hölzerne Oese bietet. Auch im Tau erfordert hier gröfsere Vorsicht, und es ist gewö wenn auf die in Fig. 14 Taf. I dargestellte Art der Sch

*) Bei Ankertauen und überhaupt bei der Takelage der Se man unter der Benennung Stärke eines Taues nicht den Durch dern den Umfang zu verstehn, doch ist diese Bedeutung hier nommen.

man das kurze lose Ende des Taues in die einzelnen Stränge legt und jeden derselben mehrmals zwischen die Stränge des anTheiles hindurchzieht. Um die letzteren von einander zu trenbedient man sich eines starken eisernen Dornes. Wenn diese sorgfältig gemacht wird, so erhält das Tau wieder eine reRundung, und hierdurch überzeugt man sich, dafs alle desselben gleichmäfsig tragen. Ein starker Faden wird alsmöglichst fest umgewunden und zwar über die ganze Strecke, das Ende versteckt ist.

An den von der Scheibe herabhängenden Theil des Rammwerden die Zugleinen angesteckt, deren Anzahl eben so ist, wie die der Arbeiter. Sie dürfen nur etwa ein Viertel stark sein, es kommt aber sehr darauf an, dafs sie die nöthige haben und recht hoch am Rammtau befestigt sind. Die Arstellen sich nämlich rings um das Rammtau, und wenn ihrer viele sind, so stehn die äufsern wohl 10 Fufs von der verlänten Richtung desselben entfernt. Sind nun die Zugleinen nicht bedeutend länger, als dieser horizontale Abstand, so ist der Zug sehr schräge, und die Arbeiter können in diesem Falle nur eine geringe Kraft entwickeln, aufserdem aber überträgt sich auf das Rammtau nur derjenige Theil von dieser Kraft, der vertical abwärts gerichtet ist, und der horizontale Theil derselben wird durch den entgegengesetzten Zug aufgehoben, den die auf der andern Seite stehenden Arbeiter ausüben. Es ergiebt sich hieraus der Vortheil, den die Anwendung zweier grofsen Scheiben (Fig. 181) gewährt. und es mufs bemerkt werden, dafs man auch andre Mittel angewendet hat, um für die ganze Mannschaft einen mehr senkrechten Zug möglich zu machen. Hierher gehört namentlich, dafs man einen grofsen eisernen Reif von etwa 10 Fufs Durchmesser durch drei oder vier starke Leinen an das Rammtau horizontal aufhängt und an diesen die Zugleinen befestigt *), auch wählt man statt dessen zuweilen einen Baum oder eine Bohle, wie in Holland oft geschieht, wodurch gleichfalls die Zugleinen etwas weiter auseinandergebracht werden, aber sehr nachtheilig ist in beiden Fällen das Gegengewicht, wodurch der Schlag des Rammklotzes geschwächt wird, es pflegen dabei auch unangenehme Schwankungen einzutreten, welche

*) *Perronet description des ponts. p.* 589.

ein scharfes und kräftiges Anziehn verhindern. Das vortheil
und einfachste Mittel zur Vermeidung des schrägen Zuges b
nach immer die Anwendung langer Zugleinen.

Die Knebel oder die Handhaben, woran die Arbeit
müssen immer in passender Höhe sich befinden. Wenn di
auch in einer gewissen Zeit der Fall ist, so ändert es s
denn wie der Pfahl weiter eingeschlagen wird, so hebt
Knebel, und der Arbeiter ist alsdann nicht mehr im Sta
kräftigen Zug daran auszuüben. Hiernach mufs in kurzen Z
zeiten immer ein Verstellen vorgenommen werden, und die
auf zwei verschiedene Arten geschehn, nämlich entweder
sämmtlichen Zugleinen an ein besonderes kreisförmig ge
Tau, das sogenannte Kranztau, gebunden, und dieses st
sobald es nöthig ist, mittelst eines hölzernen Pflockes höh
Rammtau fest. Fig. 183 zeigt die gewöhnliche Befestigun
Kranztaues, und man bemerkt leicht, wie durch die Entfe
Pflockes sogleich die durch das Kranztau hindurchgezog
dung des Rammtaues frei wird und die Verbindung sich l
drerseits läfst man aber auch das Kranztau ganz fort, in
die Zugleinen unmittelbar an das Rammtau bindet. Alsd
jeder Arbeiter den Knebel in der passenden Höhe befes
so oft es nöthig ist, verstellen. In diesem Falle wird das
Zugleine um den Knebel gewunden, und indem man die le
dung verkehrt aufsteckt, so bildet sich die Befestigungsar
Fig. 184 zeigt. Der Arbeiter kann dabei den Knebel
Kraft herabziehn, ohne die Leine zu lösen, sobald er aber
bel in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung zurück
verlängert sich sogleich die Zugleine.

Die letzte Methode hat zwar den Nachtheil, dafs n
Zugleinen braucht und dafs dieselben dennoch, sobald
Pfahl gesetzt wird, ziemlich tief am Rammtau hängen, wo
Zug wieder sehr schräge wird. Dieser Umstand ist abe
von keiner Bedeutung, als der so eben gesetzte und d
lose Pfahl nur schwacher Schläge bedarf, um schnell eins
Die Arbeiter pflegen in dieser Zeit auch gar nicht die K
benutzen, ziehn vielmehr die Zugleinen und das Rammtau
den Händen herab und lassen auf solche Art den Klotz ka
Fufs weit fallen, es ist sogar nothwendig, dafs Anfangs kei

lage erfolgen, weil dabei der Pfahl leicht eine schiefe Richtung kommt. Viel bedenklicher ist die Anwendung des Kranztaues, wenn dasselbe leicht etwas zu hoch oder zu niedrig befestigt ist. Auch leidet dabei das Rammtau durch die scharfe Windung, die es beim Feststecken annehmen mufs, und die jedesmal, nachdem das Kranztau verstellt wurde, immer von Neuem festgezogen wird. Endlich aber verlangen die Arbeiter, jenachdem sie näher am Rammtau stehn und von verschiedener Gröfse sind, auch eine verschiedene Höhe des Knebels. Aus dem letzten Grunde mufs man selbst in dem Falle, wenn das Kranztau angewendet wird, noch die beschriebene Befestigungsart der Knebel beibehalten, um jeder diesen nach Belieben passend einstellen kann. Dagegen hat die unmittelbare Befestigung der Zugleinen an das Rammtau keine Unbequemlichkeit, und selbst in dem Falle nicht, wenn die Pfähle bis 30 Fufs tief eingeschlagen werden. Man erspart dadurch aber noch an der Länge des Rammtaues, denn dasselbe darf, wenn der Klotz an seiner tiefsten Stelle steht, nur etwa 3 Fufs über der Rammscheibe reichen, und in diesem Falle ist ein Umkehren des Taues, wie oben erwähnt worden, sehr wohl möglich.

Was die Ausführung der Rammarbeiten betrifft, so werden die Arbeiter rings um das Rammtau gestellt, so dafs sie sämmtlich mit dem Gesichte demselben zugekehrt sind, sie dürfen dabei sich nicht zu dicht neben- und hintereinander stehn, und man kann auf jeden einen Flächenraum von 5 bis 6 Quadratfufs rechnen. Eine zu grofse Verbreitung ist andrerseits aber auch nachtheilig, indem alsdann die Zugleinen gar zu schräge gerichtet werden. Für den Knebel, der in einem cylindrisch zugeschnittenen Holze von 3 Zoll Durchmesser besteht, genügt eine Länge von 12 Zoll, wenn das Ende der Zugleine daran gebunden wird, er mufs aber mindestens 15 Zoll lang sein, wenn noch 20 bis 25 Fufs Zugleinen darum geschlungen werden sollen. Die Windungen müssen auch in diesem Falle nur in der Mitte bleiben, und nie darf der Arbeiter das Ende des Rammens darüber fassen, weil er sonst zu unbequem den Knebel halten würde. Die passendste Höhe für den Knebel ist so, dafs derselbe, sobald der Klotz auf dem Pfahle aufsteht, vor den Augen des Arbeiters schwebt, wenigstens ist dieses nothwendig, wenn man den einzelnen Arbeiter mit mehr als 30 Pfund belastet. Trifft auf jeden ein geringeres Gewicht, so ist es vortheilhaft, den

ein scharfes und kräftiges Anziehn v[illegible] Köpfe hängen zu las[illegible]
und einfachste Mittel zur Vermei[illegible] wird. Der Arbeiter
nach immer die Anwendung [illegible] Knebel und drückt dens[illegible]

Die Knebel oder di[illegible] Anfänge jedes Zuges mit ein[illegible]
müssen immer in pass[illegible] theils die Masse in Bewegun[illegible]
auch in einer gewi[illegible] auch die Kraftäufserung noch zie[illegible]
denn wie der Pf[illegible] indessen der Knebel herabsinkt, un[illegible]
Knebel, und d[illegible] der Druck dagegen ausüben. Zuletzt
kräftigen Zu[illegible] Armen nicht mehr gedrückt, sondern
zeiten imm[illegible] der Klotz vermöge der erhaltenen Gesch[illegible]
auf zwei [illegible] höher heraufspringt und dadurch der Effect [illegible]
sämmtl[illegible] ansehnlich vermehrt. Die ganze Höhe des Zu[illegible]
Tau, [illegible] der der Knebel herabgedrückt wird, beträgt
sob[illegible] gewöhnlich hebt sich der Klotz aber 4 Fuſs hoc[illegible]
R[illegible] einen halben Fuſs Hubhöhe durch den Stoſs, d[illegible]
F[illegible] Zuges erhalten hat. Man kann bei der gewöhn[illegible]
[illegible] der Rammen in einzelnen Hitzen auch leicht die
[illegible] 5 Fuſs vermehren, und wenn die Arbeit auf Acco[illegible]
[illegible] wird, so steigt der Rammklotz selbst 6 und 7 Fuſ[illegible]
[illegible], er habe gesehn, daſs bei Gelegenheit einer Wette
Pfund schwerer Rammklotz durch 40 Menschen einmal 10
[illegible]ndert wurde. Man darf indessen dieses keineswegs
[illegible] und solche Leistung nicht dauernd verlangen, man
[illegible] bei Anstellung gewöhnlicher Tagelöhner schon [illegible]
[illegible], wenn durchschnittlich während der ganzen Arbe[illegible]
[illegible]höhe 4 Fuſs beträgt.

Bei uns rechnet man gewöhnlich auf jeden Mann
[illegible] von 30 Pfund, wenn also der Rammklotz 6 Cent[illegible]
[illegible] werden 20 Mann angestellt. Man weicht indessen häufig v[illegible]
[illegible] bedeutend ab. Bei den Rammarbeiten, die ich in d[illegible]
[illegible] Seehäfen ausführen sah, belastete man jeden einz[illegible]
[illegible]beiter mit mehr als 40 Pfund, doch rechtfertigte sich diese[illegible]
daſs man nur während des niedrigen Wassers, also täglich
3 und 6 Stunden arbeiten konnte, und bald nach dem B[illegible]
Fluth die Baustelle verlassen werden muſste. Bei den A[illegible]
der Brücke zu Orleans hatte Perronet für die Ramme von
16 Mann angestellt, es traf also auf jeden ein Gewicht von [illegible]
In England rechnet man wieder auf 100 Pfund 3 Mann

stimmt. Sehr häufig geschieht es aber, ter viel weniger belastet. Perronet Grundpfähle *), dafs man bei Ramm-

Pfund 24 Arbeiter
00 - 28 -
1200 - 48 -

s trifft also auf jeden nur ein Gewicht von 25 Pfund. sart stellte bei der Brücke zu Saumur bei einer Ramme, 1200 Pfund wog, 47 bis 50 Mann an. In Holland gleichfalls auf den Mann nur 25 Pfund. Bei den sehr n Arbeiten am Ems-Canale, welche der Ober-Baurath it grofser Sorgfalt leitete, wurden die gröfsten Rammen, 2000 Pfund wog, mit 70 Mann besetzt, der einzelne ; also 28½ Pfund.

äfsige Belastung empfiehlt sich im Allgemeinen, inso- her mit gröfserer Energie und mit weniger Unterbre- rbeitet wird. Für die Rammen gilt dasselbe, wie für inen. Der Effect setzt sich zusammen aus dem Pro- uges oder der Spannung in die Geschwindigkeit, womit geübt wird, jemehr man den erstern vergröfsert, um so d die letzte, und das Maximum des Effectes erreicht lich, wenn der Zug bedeutend unter seinem Maximum n Rammarbeiten kann es freilich unter Umständen vor- den, die Anzahl der Arbeiter zu vermindern und so einzelnen stärker zu belasten. Dieses ist namentlich nn eine grofse Mannschaft angestellt wird, die nur bei chen Rammen ihre volle Beschäftigung findet und wäh- lfachen Nebenarbeiten beim Verfahren der Ramme und der Pfähle grofsentheils unthätig bleibt.

mmarbeit ist so anstrengend, dafs sie durch vielfache erbrochen werden mufs. Es erfolgen gewöhnlich 20 bis nmittelbar nacheinander, man nennt dieses eine Hitze, tritt eine Pause von 2 bis 3 Minuten ein. Ein kräf- verlässiger Arbeiter, der bei der übrigen Mannschaft in ht, leitet durch seinen Zuruf diese Arbeit. Er führt nicht eine Zugleine, sondern hält das Haupttau und in der Mitte der Arbeiter. Da das hintere Ende des

*) *tion des ponts. pag.* 588.

Rammtaues Schwanztau genannt wird, so heifst er der Schw meister.

Wenn auf alle drei Minuten eine Hitze trifft, so werd der Stunde 20 und während der 10 Arbeitsstunden 200 Hitze geführt. Dieses kann man aber nicht leicht erreichen und bringt es sogar selten über 150. De Cessart erzählt, dafs er mit recht starken Arbeitern, die überdies für jede Hitze bes bezahlt wurden, es bis zu 170 Hitzen am Tage bringen k Es ergiebt sich hieraus, dafs die Tagesthätigkeit eines bei Ramme angestellten Arbeiters, oder dafs die Anzahl der Pf womit er belastet ist, multiplicirt in die ganze Höhe, zu w er sie erhebt, nur ungefähr 300000 beträgt. Coulomb *) führt dafs bei einer Münze in Paris, wo die Anzahl der wirklich machten Schläge gezählt wurde, bei der Ramme die Tagesth keit eines Arbeiters durchschnittlich nur auf 270000 betrug. nun aber die Tagesthätigkeit beim Drehn einer Kurbel 720000 beim Steigen sogar 1400000 ist, so ergiebt es sich, dafs die beiter bei der gewöhnlichen Ramme sehr unvortheilhaft ange werden und der Effect viel gröfser ausfallen würde, wenn man des ermüdenden stofsweisen Anziehens eine gleichmäfsige Kra entwickelung zur Bewegung der Ramme anwenden könnte.

Ein andrer Uebelstand, der wieder die Wirksamkeit der Zu ramme schwächt, beruht darauf, dafs so viele Arbeiter zugleich angestellt sind und es unmöglich ist, die Leistung des Einzelnen sicher zu controlliren. Man mufs bei allen Verrichtungen, die nicht auf Accord ausgeführt werden, die Arbeiter möglichst zu trennen suchen, damit man den Fleifs jedes Einzelnen zu beurtheilen im Stande ist. Bei der Ramme ist dieses nicht möglich, man darf aber auch nicht mit den Arbeitern in der Art accordiren, dafs sie für jeden Pfahl bezahlt werden, weil sich nicht vorher sehn läfst, welche Hindernisse vielleicht zufällig eintreten. Ein Accord ist nur möglich, wenn man bei zuverlässiger Aufsicht die einzelnen Hitzen vergütet und zugleich darauf achtet, dafs diese die gehörige Anzahl von Schlägen umfassen, und der Klotz dabei jedesmal hinreichend hoch gehoben wird. Gemeinhin begnügt man sich damit, einen tüchtigen Schwanzmeister anzustellen, der guten Willen hat und

*) *Théorie des Machines simples, nouvelle édition.* Paris 1821. p. 288.

Leute zu folgen geneigt sind, wenn aber mehrere zuver-
rbeiter in der Mannschaft sich befinden, so beurtheilen sie
ieraden sehr richtig und leiden es nicht, dafs einzelne dar-
h zu wenig anstrengen. Die schlechtesten Arbeiter erkennt
h daran, dafs ihre Zugleinen beim Niederfallen des Klotzes
ben, sie lassen sich nämlich, wenn sie sich mit den andern
leich gebückt haben, durch den Klotz wieder heraufziehn
vächen dadurch die Kraft des Schlages.

n Bau der Brücken über die Havel und Elbe in der Pots-
deburger und Magdeburg-Wittenberger Eisenbahn wurden
ne sehr zweckmäfsige Anordnung in den Rammarbeiten be-
günstige Resultate erreicht. Diese stellten sich indessen
ius, nachdem die Mannschaften sich aus besonders kräfti-
ten zusammengefunden und längere Uebung erworben hat-
e Arbeiten wurden in Accord ausgeführt und zwar in der
ein gewisser Tagelohn jedem Einzelnen als Minimum zu-
war, und hierin die Bezahlung für 150 Hitzen bestand,
ch die folgenden Hitzen besonders bezahlt wurden. Der
g 18 Centner und wurde durch 60 Mann in Bewegung ge-
ede Hitze zählte 40 Schläge, von denen jeder 4½ bis 5 Fufs
r. Gemeinhin wurden mehrere Hitzen, und oft 4 bis 5 der-
hne Pause geschlagen, in seltenen Fällen sogar 8 bis 9,
bis 360 Schläge unmittelbar auf einander folgend. Die
ler Hitzen stieg an einem Tage, wenn die Ramme nicht oft
werden durfte, auf 270 und im Maximum auf 280 Hitzen.
n Falle verdiente jeder Arbeiter das Doppelte des ihm zu-
en Taglohnes.

Schläge waren indessen zuweilen viel stärker, besonders
Pfahl schon beinahe den festen Stand erreicht hatte. Der
urde nämlich so hoch geschnellt, dafs die Arbeiter nicht
den an die Zugleinen befestigten Knebeln gegen den Boh-
stiefsen, sondern ehe der Klotz herabfiel, schlugen sie noch
auf den Boden, so dafs man bei diesem Rammen zwischen
ken Schlägen des Klotzes das laute Trommeln mit den Kne-
nahm. In diesen sogenannten Trommelhitzen betrug die
des Klotzes 6½ bis 7 Fufs, und 40 Schläge derselben wur-
anderthalbfache gewöhnliche Hitze oder eben so, wie 60
chläge vergütet.

Indem beim jedesmaligen Setzen eines Pfahles die Ra
stellt, der Pfahl gehoben, herabgelassen und anfangs nur m
chen Schlägen eingetrieben wird, damit er sicher die bea
Stellung einnimmt und behält, und für diese verschiedene
tionen eine mäfsige Anzahl von Arbeitern genügt, wobei
starke Bemannung der Ramme nicht gehörig beschäftig
kann, so ist es vortheilhaft hierzu eine besondere Ram
nutzen, die der andern vorangeht. Für diese genügt ein
3 bis 4 Centnern und eine Bemannung von 16 bis 20 Leu
rend die Hauptramme mit dem schweren Klotze die bere
stellten Pfähle weiter herabtreibt, und abgesehn von d
Unterbrechung beim Verfahren dauernd in Thätigkeit bleib
diese letzte Ramme aber nicht mehr zum Setzen der Pfäh
wird, so bedarf sie auch keiner grofsen Höhe. Bei den
in jedem Jahre wiederholten Rammarbeiten im Pillauer Ha
ich diese Anordnung ein und dieselbe zeigte sich sehr vor

Bei Beschreibung der Rammgerüste ist schon von der
tungen zum Setzen der Pfähle die Rede gewesen. G
dienen zu diesem Zwecke Winden, wodurch man zwar
sicher, aber nur langsam heben kann. Häufig fehlt ind
Winde, und es befindet sich am Kopfe der Ramme ei
woran man einen Flaschenzug hängen kann. Letzterer g
jeder gröfseren Baustelle zu den nothwendigsten Inventari
und es wird daher eine nähere Beschreibung der Constru
Erfordernisse desselben nicht überflüssig sein.

Der Flaschenzug oder das Takel besteht aus zwei B
deren jeder eine oder mehrere Scheiben oder Rollen
Wenn mehrere Scheiben in dem Blocke befindlich sind,
sie nebeneinander, so dafs sie sich um eine gemeinschaftli
drehn. Nur sehr selten sieht man noch die in den Leh
der Mechanik dargestellte Anordnung, wobei die eine Sc
ter der andern angebracht ist: solche Blöcke heifsen Violi
Diese Einrichtung ist aber unzweckmäfsig, weil die auf d
Seite des Flaschenzuges befindliche Scheibe sehr klein s
damit die darüber gezogene Leine nicht gegen diejenig
welche über die äufsere Scheibe läuft. Ein solches Str
einer Leine gegen eine andere mufs man aber immer ve
weil dadurch nicht nur Reibung entsteht, sondern auch st

; Demnächst ist diese Anordnung aber auch kostbarer als
'o die Scheiben neben einander liegen, und hierzu kommt
afs die ganze Hubhöhe bei gleicher Befestigung der Blöcke
i gleicher Länge der eingeschornen Leine geringer wird,
Blöcke länger sind.

. 185*a* und *b* auf Taf. XIV stellt einen gewöhnlichen drei-
n Block in der Ansicht von vorn und von der Seite dar,
. 185*c* zeigt denselben, nachdem er mit der Stroppe (einer
aus starkem Tau) und der Kausche versehn worden.

Scheiben werden aus dem sehr festen und harzigen Gua-
r Pockholze gedreht und eben daraus besteht auch der Na-
r die Achse, auf der die Scheiben laufen. Dieses Holz ver-
wegen des starken Gehaltes an Harz nur wenig Reibung
:t sich daher auch nur langsam ab. Aus demselben Grunde
auch die Feuchtigkeit nicht an, selbst wenn nasses Tau-
rüber gespannt wird, und es quillt weder, noch wirft es
er abgedrehte Nagel steckt nicht sehr fest in der Fassung,
n mit Leichtigkeit herausgeschlagen werden, er darf aber
lose sein, dafs er sich mit der Scheibe umdreht. Die
:re, die man hier von Zeit zu Zeit anbringt, und nament-
ald der schrillende Ton beim Gebrauche des Takels sich
fst, besteht in reinem Talg. Man streicht dasselbe nicht
las Loch der Scheibe, sondern man reibt damit auch ihre
Seitenflächen ein, weil letztere sich gegen die Fassung leh-
eim Ankaufe eines Blockes mufs man besonders darauf ach-
fs die Schlitze für die Scheiben unter sich parallel ausge-
1 sind und das Bohrloch für den Nagel in beiden Richtun-
jenen Schlitzen senkrecht steht, ferner müssen die Scheiben
ht gegen die Fassung klemmen, doch dürfen sie auch nicht
Spielraum haben, und die Rinne, worin die Stroppe zu lie-
nmt, die aber in der Nähe des Nagels immer verschwindet,
:ine scharfen Ecken haben, damit das Tau in sanfter Bie-
erumgeführt werden kann. Hat der Nagel sich beim Ge-
: etwas ausgelaufen, so kann man ihn noch umdrehn, da er
f einer Seite angegriffen wird, sobald er aber merklich ein-
tten ist, so mufs man ihn durch einen andern ersetzen. Die
ng besteht gewöhnlich aus Eschenholz, das sich hierzu theils
seine Härte, besonders aber durch seine Zähigkeit empfiehlt,

indem es auch bei einem starken Stofse oder Schlage
ausspringt oder splittert.

Will man einen Block gebrauchen, so mufs er mit de
versehn werden, dieselbe umfafst aber zugleich die Ka
ringförmig gebogene Rinne aus starkem Eisenblech), wo
ken befestigt wird. Das Umlegen der Stroppe geschie
gende Art: man zieht das Tau über die Kausche und
und schneidet es so ab, dafs es etwa auf einen Fufs
pelt ist. Nachdem der Block wieder entfernt ist, lö
Stränge der beiden Enden auf und verknüpft und v
sorgfältig in einander, so dafs sich hier wieder ein mögli
mäfsiges Tau bildet. Man darf hierbei aber keineswegs
kührlich die Stränge verstecken, sondern man mufs d
des Taues folgen und überhaupt sich bemühn, alle St
legen, als ob sie vom Seiler zusammengesponnen wär
starkes Schlagen mit einem hölzernen Hammer regulire
die Windungen und man bindet alsdann recht fest einen sta
Faden um den zusammengesteckten Theil und verknüpf
des Fadens, damit sie nicht lose werden. Nunmehr zie
Block wieder ein, und nachdem man ihn gehörig gericht
det man eine starke dünne Leine wieder zwischen der
dem Blocke um die Stroppe, wodurch die gehörige Sp
die sichere Lage der letztern erreicht wird. Hierbei ko
sondern darauf an, dafs, wenn der Block am Haken
Scheiben eine senkrechte Stellung annehmen, und man
während des Gebrauches des Flaschenzuges hierauf imm
sam bleiben, indem leicht ein Verschieben erfolgt und d
nur starke Reibung entsteht, sondern auch der Block
gescharne Leine sich abnutzen. Durch die Stroppe wi
den Seiten der Nagel bedeckt, so dafs er nicht heraus
doch pflegt die Stroppe bald so lose zu werden, dafs ma
seitwärts schieben und den Nagel herausziehn kann,
Schmieren nöthig wird. An einen von beiden Blöcken d
zuges mufs noch die einzuscherende Leine befestigt werd
ses geschieht entweder, indem man sie unmittelbar durch
hindurchzieht und anknüpft, oder noch besser ist es,
Kausche auf der andern Seite des Blockes an die Stroq

Art, wie die erste, zu befestigen, worin alsdann das Ende der
ine jedesmal eingehakt werden kann.

An diesen Blöcken kommt aufser der Kausche kein Eisen vor,
ch findet dieses nicht immer statt und häufig werden sie auch mit
isen beschlagen. Es leidet keinen Zweifel, dafs sie im letzten
lle dauerhafter sind, doch vergröfsert sich alsdann auch ihr Preis,
l das Aufbringen des Beschlages mufs mit grofser Sorgfalt ge-
hehn, wenn dadurch nicht die Reibung vermehrt werden soll. Es
hört überhaupt das Beschlagen eines Blockes zu den schwierigeren
miedearbeiten, und wenn man nicht die nöthige Sorgfalt und Ge-
icklichkeit dabei voraussetzen kann, so thut man besser, den
ck so zu benutzen, wie er aus der Hand des Blockmachers kommt,
bei die Scheiben und Nägel immer gehörig abgedreht zu sein
gen. Ein beschlagener Block erhält eine eiserne Achse und des-
) mufs die Scheibe mit metallnen Buchsen versehen sein. Die
en werden gegenwärtig sehr häufig aus Gufseisen dargestellt und
alsdann viel billiger, als wenn sie geschmiedet werden. Sie er-
n, wie Fig. 186 zeigt, drei Lappen, worin die Bohrlöcher nach
n erweitert sind, damit man Nägel mit versenkten Köpfen ein-
n und dieselben auf der andern Seite der Scheibe, wo gleichfalls
Buchse eingelassen ist, vernieten kann, so dafs die Flächen auf
n Seiten ganz eben bleiben und nirgend das Eisen vortritt, wo-
h die Fassung des Blockes leiden und die Scheiben den guten
ufs verlieren würden. Das Einlassen der Buchsen in die Scheibe
mit grofser Sorgfalt geschehn, damit die Löcher an beiden
n sich einander genau gegenüberstehn und in die Achse der
be treffen, der Bolzen, um den die Scheiben sich drehn, mufs
abgedreht sein. Er ist auf der einen Seite mit einem Kopfe
uf der andern mit einem Schraubengewinde versehen, auf wel-
eine Mutter pafst, die ihn fest hält. Damit er sich aber nicht
mit der Scheibe zugleich umdrehn kann, wodurch die Mutter
würde, so ist er neben dem Kopfe viereckig ausgeschmiedet
lieselbe Form hat auch die Oeffnung in dem Beschlage der
ng. Den eisernen Ring, der die Fassung des Blockes umgiebt,
Fig. 187, und zwar mit einem Haken, der sich drehen läfst,
giebt man ihm aber sowohl oben wie unten eine solche Oese,
ie Figur am untern Ende zeigt und worin ein Haken oder

Ring eingeschmiedet werden kann. Die Schwierigkeit besteht hierbei hauptsächlich darin, dafs sowohl der obere Haken, als die untere Oese genau in die Längenachse des Blockes fallen müssen, oder wenn der Block am Haken oder der Oese aufgehängt wird, müssen die Scheiben sich in senkrechter Lage befinden. Aufserdem müssen auch die Achsenlöcher im Beschlage genau den Löchern im Blocke entsprechen, und endlich mufs der Beschlag sich fest um den Block umlegen, ohne dafs dieser durch das glühende Eisen gelitten hat und wohl gar theilweise verkohlt ist. Der Bügel, der den Beschlag bilden soll, mufs sonach unter wiederholtem Aufpassen ausgeschmiedet werden, und damit dieses geschehn kann, so ist er anfangs noch nicht mit der engen Oese versehn, sondern nach einer weiteren Krümmung abgerundet. Nachdem er zuletzt noch heifs aufgelegt ist, wird erst die untere Oese durch starke Hammerschläge gebildet, indem man die Ecken zwischen derselben und dem Blocke einbiegt und dadurch den Beschlag in scharfe Spannung versetzt.

Wenn ein Pfahl gesetzt werden soll, so wird entweder das vordere Ende des Windetaues, das vom Krahnbalken herabhängt, oder wenn der Flaschenzug benutzt wird, ein am untern Blocke angestecktes Tau an den Pfahl befestigt. Dieses geschieht am leichtesten in der Fig. 188 dargestellten Art. Die untere Schlinge, die nur durch Umlegung des Taues gebildet wird, ist allein schon hinreichend, die meisten Pfähle zu halten, wenn man nur, sobald sie zu tragen anfängt und ehe der Pfahl die horizontale Lage verläfst sie recht fest anzieht, was durch Herabstofsen der Schleife leicht zu bewirken ist. Wenn dagegen der Pfahl glatt ist, und ein Abgleiten zu besorgen wäre, so bringt man noch den einfachen Schlag an der im obern Theile derselben Figur dargestellt ist, in manchen Fällen mufs der Sicherheit wegen noch ein zweiter ähnlicher Schlag weiter aufwärts gemacht werden.

Die Leine, welche in den Flaschenzug eingeschoren ist, können nur zwei und höchstens drei Arbeiter unmittelbar herabziehn, und selbst diese müssen Uebung haben, wenn sie gleichmässig und kräftig wirken und sich gegenseitig nicht hindern sollen. Um die übrigen Ramm-Arbeiter auch zu beschäftigen, und dadurch das Heben des Pfahles zu beschleunigen, so befestigt man an die Schwelle der Ramme noch einen einscheibigen Block, der wegen der Stelle, an der er befestigt ist, der Fufsblock genannt wird, zieht durch ihn ein

ifst an deren hinteres Ende, welches horizontal gerichtet
e übrige Mannschaft anfassen. Auf solche Art wird die
raft zu diesem Zwecke gehörig benutzt, und wenn der
oder die Mannschaft stark ist, so hebt letztere nicht
eise, sondern in vollem Zuge den Pfahl und alsdann er-
zen besonders schnell.

ngt den Pfahl so weit, dass er frei vor der Läuferruthe
r Rammklotz mufs aber schon früher so hoch gehoben
das gehörige Setzen des Pfahles nicht hindert, und er
ser Stellung durch einen Vorsteckbolzen gehalten,
eins der dazu angebrachten Löcher in die Läuferruthe
Pfahl wird, während er noch schwebt, in diejenige
racht, in welcher er eingerammt werden soll, und wenn
etwas gekrümmt, oder ein anderer Grund vorhanden
einer gewissen Lage einzurammen, so mufs man ihm
und ihn sogleich durch ein umgeschlungenes Tau gegen
he befestigen. Gewöhnlich wird die Winde oder die
aschenzuge plötzlich gelöst, damit der Pfahl mit Heftig-
Grund eindringt. Dieses Verfahren ist aber nicht pas-
wenige schwache Schläge mit dem Rammklotze dieselbe
vorbringen und beim Herablassen des Pfahles die Rück-
ne gehörige Einstellung besonders wichtig ist. Es ist
, dafs man den Pfahl langsam herabläfst, indem
Hebeln oder Brechstangen und durch umgeschlungene
auch wenn seine Spitze schon in den Grund eingedrun-
man seine Stellung immer aufs Neue prüfen, und wenn
ungen entdeckt, durch Verstellen der Ramme und durch
und Absteifen des Pfahles solche wieder entfernen, was
ler Rammarbeit auch bald gelingt. Späterhin ist diese
Sorgfalt weniger nöthig und es giebt alsdann auch
ehr, die Richtung des Pfahles noch bedeutend zu ver-

nd besonders bei Grundpfählen mufs der Pfahl so tief
verden, dafs man ihn nicht mehr unmittelbar mit dem
erreichen kann. Bei der Scherramme tritt dieser Uebel-
ein, indem die Schere sich durch Einsetzen anderer
ig verlängern läfst, so dafs der Rammklotz auch un-
Schwelle spielen kann. Eine eigenthümliche Vorrich-

tung, um die Pfähle mittelst gewöhnlicher Rammen sogar bis 20
unter die Böschung herabzutreiben, und zwar durch die unmittel
Schläge des Rammklotzes, wurde beim Bau der Eisenbahn
bei Wittenberge angewendet. Fig. 215 auf Taf. XVI zeigt die
Die Ramme war eine Winkelramme, und die einfache Ruth
selben wurde durch die Arme des Klotzes umfafst. Sobal
Pfahl so tief eingedrungen war, dafs der Klotz den Kopf nicht
treffen konnte, so befestigte man eine zweite Ruthe in ihrem
Theile gegen die erste, und zwar in gleicher Weise, wie der
mit dieser verbunden gewesen war. Ihr unteres Ende hin
dagegen mittelst einer Kette an den bereits ziemlich fest ste
Pfahl. Der Klotz wurde nunmehr an die zweite Ruthe geh
erhielt durch diese seine Führung, indem er eben so wie frü
wechselnd gehoben wurde. Das Rammtau nahm dabei kau
etwas schräge Richtung an, wenn man, wie die Figur zei
zweite Ruthe an die äufsere Seite des Pfahles befestigte, so d
Pfahl zwischen beiden Ruthen sich befand.

Gewöhnlich wird der Aufsetzer oder Knecht angew
um die Pfähle unter der Schwelle der Ramme noch tiefer h
treiben. Fig. 189 zeigt denselben. Er besteht in einem ei
Klotze, der oben mit zwei oder einem Arme versehn ist, die
des Rammklotzes gleichkommen. Mit diesen umfafst er die L
ruthe, oder greift durch selbige hindurch und wird auch d
wieder mit einem Riegel gehalten, so dafs seine Stellung ge
Läuferruthe gehörig gesichert ist. Am untern Ende ist er
von eisernem Dorne versehn von etwa 6 Zoll Länge und
gerade so ein Bolzenloch, das im Pfahlkopfe angebracht ist.
der Aufsetzer gebraucht werden soll, so wird zunächst de
des Pfahles, der gemeinhin schon stumpf geschlagen ist, abg
wo auch das Loch für den erwähnten Dorn eingebohrt, ma
aber darauf sehn, dafs dieses an der passenden Stelle ang
wird. Dann der Aufsetzer in die Richtung der Läuferruthe u
Pfahles tritt. Bei Anwendung dieses Aufsetzers bemerkt m
dass eine bedeutende Schwächung des Effectes der Ramm
eine Folge von der Uebertragung des Stofses von dem einen
auf den andern ist, dieser Verlust wird aber noch bedeutender
die Oberflächen des Pfahlkopfes und des Aufsetzers nicht au
Hohlkehlen besitzen, diese sich vielmehr getrennt und umgelegt

n Beobachtungen, die ich mit dem Modelle einer Ramme gab sich, dafs wenn abwechselnd eine gewisse Anzahl n den Klotz unmittelbar traf, und eine eben so grofse zwar mit gleicher Hubhöhe des Klotzes auf den Aufrt wurde, der Aufsetzer den Effect beinahe um ein Drittte. Bestand der Aufsetzer aber aus einem Korke, so Verlust beinahe die Hälfte.

Pfähle schräge eingerammt werden sollen, so mufs die gestellt werden, dafs die Läuferruthe der Richtung des allel ist. Mittelst der oben beschriebenen Stützenramme st dieses leicht auszuführen. Zuweilen richtet man auch men mit fester Verschwellung so ein, dafs durch verefestigung der rückwärts angebrachten Stützen, der vorl eine beliebige Neigung gegeben werden kann. In einen hat man indessen auch durch senkrechte Schläge die äge und oft stark geneigt eingerammt, indem man den edesmal so abzusteifen sich bemühte, dafs derjenige Theil der normal gegen die Achse des Pfahles gerichtet war, wurde. Dabei ist aber der Verlust an lebendiger Kraft was sich schon aus den heftigen Erschütterungen und gen der Rüstung bemerken läfst. Neben der früheren e in Bremen sah ich einst auf diese Art einen Pfahl einer etwa 30 Grade gegen das Loth geneigt war. Wenn ich wirklich nach und nach etwas tiefer eingetrieben geschah dieses doch so unmerklich, dafs es eine überaus rbeit zu sein schien, und dieses um so mehr, als die Abnd die ganze Rüstung bei den Erschütterungen wiederich lösten, auch einzelne Stücke zerbrachen.

h ist noch zu erwähnen, dafs man zuweilen auch von en, und besonders von breiten und platten Prahmen aus rbeiten ausführt, namentlich wenn im Wasser eine Rüauch ein Fangedamm erbaut werden soll. Starke Grundl man auf diese Art freilich nicht einrammen, weil die nsicher ist, auch manche Schwierigkeiten dabei eintreten, liche Verfahren ist vielmehr dieses, dafs die eigentliche t erst später, und zwar mit Benutzung der auf diese Art n Rüstung vorgenommen wird. Beim Gebrauche der auf gestellten Rammen tritt leicht ein starkes Schwanken ein,

indem der Klotz, der immer über das Fahrzeug hinaus hänge
beim Herabfallen und beim Aufschlagen auf den Pfahl, das F
zeug gar nicht belastet, wohl aber während er aufgezogen wird
nen starken Druck veranlafst, der sogar, wenn er schnell gehob
wird, gröfser als sein Gewicht ist. Auf diese Art wird vor
Läuferruthe die Belastung des Fahrzeuges abwechselnd bald gr
und bald kleiner, und dadurch entsteht das Schwanken, welches
desmal sehr merklich ist und oft so stark wird, dafs es die F
setzung der Arbeit verhindert und man jede Hitze auf wenige Sch
beschränken mufs. Man kann diesen Uebelstand wesentlich ver
dern, wenn man die Ramme so stellt, dafs die vordere Sch
senkrecht gegen die Längenachse des Prahmes gerichtet ist,
braucht man in diesem Falle zwei Prahme, und dieselben
zu verbinden, dafs der einzurammende Pfahl zwischen sie
Häufig erlaubt die Stellung der Pfähle nicht diese Anordnung,
dann findet sich aber oft Gelegenheit, die Ramme oder den Pr
gegen die bereits fest stehenden Pfähle zu stützen. Man kann
das Schwanken vermindern, wenn man einen Baum quer über
Prahm legt und unter das hintere Ende desselben einen Na
bringt, der oft noch beladen wird, um nicht so leicht gehoben
werden. Dieser Baum wird sowohl an beide Seitenwände des Prahm
als an den Nachen befestigt, und er verhindert die Schwankung
um so vollständiger, in je weiterer Entfernung er den Nachen f
Ich habe dieses Mittel vielfach benutzt und dadurch die Schwankun
gen so vermindert, dafs sie nicht mehr störend waren. Dieselb
Anordnung war auch noch sehr vortheilhaft, wenn ein geringer Wel
lenschlag statt fand, der ähnliche Schwankungen erzeugt haben würde
Wird dagegen die Nasmythsche Dampframme benutzt, wo die Schläge
überaus schnell auf einander folgen, so versetzt dieselbe den Prahm,
auf dem sie steht, gar nicht in Schwankung, weil die abwechselnden Aenderungen der Belastung in zu kurzen Perioden sich wiederholen, als dafs der Prahm schnell genug sich senken und wieder heben könnte.

§. 36.
Die Kunstramme.

Wenn man eine Zugramme in Wirksamkeit sieht, und wahrnt, dafs die grofse Anzahl der dabei angestellten Arbeiter den ten Theil der Zeit hindurch müfsig stehn, und dafs sie dieser e auch wirklich bedürfen, indem die Anstrengung während der ne Dauer einer Hitze von 40 bis 60 Secunden so grofs ist, dafs e lange Unterbrechung eintreten mufs, so vermifst man darin den gelten und gemessenen Gang und die zweckmäfsige Verwenng der Betriebskraft, wodurch die neueren Maschinen sich rtheilhaft auszeichnen. Man bemerkt auch, dafs die Arbeiter r unpassend bei der Zugramme beschäftigt werden, indem die ste Anstrengung, welche so schnell völlige Erschöpfung herbeiirt, unmöglich dem Maximum des Effectes für die ganze Tageskeit entspricht. Die im vorigen Paragraph angegebenen Erhrungen zeigen auch, dafs dieses sich wirklich so verhält, und dafs selben Arbeiter weit mehr leisten könnten, wenn sie an Kurbeln gestellt wären. Demnächst ist aber die Vereinigung so vier Menschen zu gleichem Zwecke auch unvortheilhaft, und man t auf den Baustellen vielfach Gelegenheit, sich davon zu überzeun, dafs die Leistungen des Einzelnen immer um so geringer werden, mit je mehr Mitarbeitern er zusammenwirken soll: können z. B. ei Mann ein gewisses Stück Holz noch leicht aufheben, und chnell forttragen, so genügen acht Mann nicht, um ein viermal so chweres Stück zu bewegen. Dieses wiederholt sich in allen Fällen, eil theils die Leistungen weniger gleichmäfsig und übereinstimmend ind, theils aber auch Keiner zum Vortheil der Andern sich antrengen mag. Hiernach begründet sich die Regel, dafs man die Arbeiter wo möglich immer so anstellen mufs, dafs die Leistung des Einzelnen sicher controllirt werden kann und ein Zusammenwirken Vieler, wie bei der gewöhnlichen Ramme, soweit es irgend geschehn kann, vermieden werden mufs.

Hiernach liegt der Gedanke sehr nahe, durch irgend eine mechanische Vorrichtung den Rammklotz zu heben, und dadurch die

Anzahl der Arbeiter an der Ramme zu beschränken. Man hat bereits seit langer Zeit vielfache Vorschläge zu diesem Zweck macht und es fehlt keineswegs an Erfahrungen, welche zeigen, man auf diesem Wege zu sehr günstigen Resultaten gelangen k In England sind solche Rammen sogar seit mehreren Jahr den ziemlich allgemein eingeführt, nichts desto weniger hat die ramme selbst jetzt ihre eifrigen Vertheidiger behalten, und es auch nicht an Beispielen, dafs Versuche, die man mit Kunstram anstellte, mifsglückt sind. Wenn aber ein Versuch ungünstig fällt, so folgt daraus keineswegs, dafs die Sache unbedingt werflich ist, denn eine unpassende Anordnung oder Mangel an falt ist gleichfalls sehr oft die Ursache des Mifsglückens. Die K ramme erfordert allerdings in der Unterhaltung einzelner T eine gröfsere Sorgfalt, als die gewöhnliche Zugramme. Le läfst sich noch immer im Gange erhalten, wenn auch die Lä ruthe stark bestofsen ist und der Klotz von der einen Seite andern schwankt, oder wenn das Nagelloch in der Rammsch schon einen Spielraum von mehreren Zollen erhalten hat. A wenn die Scheibe vielleicht sich gar nicht mehr dreht, so kann stärkere Bemannung dennoch die Ramme in Bewegung setzen. Arbeit wird alsdann freilich sehr schwierig und kostbar, es aber keine vollständige Unterbrechung ein. Wenn dagegen bei Kunstramme der Haken sich ausgeschliffen hat, oder der Klotz n sicher und scharf von der Läuferruthe geführt wird, so wird Klotz gar nicht mehr gefafst und die Wirkung hört in diesem Fa vollständig auf. Solche Zufälligkeiten lassen sich aber durch dauern Aufmerksamkeit vermeiden und diese mufs von dem Baumeister, d den Bau leitet, selbst ausgehn, da bei uns die Tagelöhner und sel die Bauhandwerker in der Behandlung von Maschinen keine Uebu haben.

Es ist bisher nur davon die Rede gewesen, dafs bei der Kun ramme die Arbeiter zweckmäfsiger als bei der Zugramme angest werden, ein grofser Vorzug der ersteren beruht aber noch dari dafs der Klotz höher gehoben und dadurch der Effect d Ramme verstärkt wird. Dieser Umstand bedarf einer näheren Au einandersetzung, da die gewöhnlichen Voraussetzungen zu einem an dern Resultate führen. Wenn man annehmen dürfte, dafs der Wi derstand, den der Pfahl der Bewegung entgegensetzt, allein durch

ı er der umgebenden Erdmasse seine ganze Geschwin-
einen gewissen aliquoten Theil derselben mittheilt, so
der Schluſs rechtfertigen, daſs die Fallhöhe des Klotzes
roportional ist, zu welcher der Pfahl bei jedem Schlage
ılsdann würde beispielsweise der Effect sich gleichblei-
der Rammklotz einmal aus der Höhe von 20 Fuſs, oder
nfmal aus der Höhe von 4 Fuſs herabfällt. Bei gewis-
n scheint dieses auch wirklich der Fall zu sein, und na-
ıben die vielfachen Beobachtungen, die man über das Ein-
ın Kugeln in Erde und Mauern angestellt hat, ergeben,
ɛfe, zu der sie eindringen, dem Quadrate ihrer Geschwin-
portional ist. Lambert ging in seiner interessanten Un-
über das Eindringen der Pfähle *) von diesem Grund-
ınd fand denselben durch die Beobachtungen mit trocke-
auch bestätigt. Später ist man dieser Annahme gefolgt,
Richtigkeit weiter zu prüfen.

ſs das Modell einer Ramme auf einen Pfahl wirken, der
rockenem Sande stand, und es ergab sich, daſs derselbe
i kleinen Fallhöhen des Klotzes verhältniſsmäſsig eben
bei gröſseren eindrang. Es zeigte sich auch bei diesem
ne andere Eigenthümlichkeit, die ihn wesentlich von den
ı unterscheidet, die man beim Einrammen der Pfähle ge-
nämlich die Tiefe, zu der der Pfahl durch eine bestimmte
Schlägen mit gleicher Fallhöhe eingetrieben wurde, war
abhängig von der Tiefe, die der Pfahl bereits erreicht
ug letztere z. B. 3 Zoll und bewirkte eine gewisse An-
chlägen eine Senkung von 1 Zoll, so drang der Pfahl
lben Schlägen noch 11 Linien ein, wenn er schon 12 Zoll
len steckte. Auch bei Anwendung nassen Sandes war
g jedes Schlages der Fallhöhe des Klotzes proportional,
der Widerstand sehr merklich bei grofser Tiefe zu.

n Versuchen mit zähem Ton, der so durchnäſst war, wie
r Tiefe unter der Erdoberfläche gewöhnlich vorkommt,
dagegen sehr entschieden der Vortheil der gröſseren
Die Höhen, zu welchen ich den Klotz erhob, betrugen

äge zum Gebrauche der Mathematik. Berlin 1772. Bd. III.

2 Zoll und 7 Zoll, ich benutzte auch zwei verschiedene Klötze zugleich den Einfluſs eines schwereren Rammklotzes zu erm Der gröſsere Klotz wog 1,90 und der kleinere 1,68 Loth, sie hielten sich also sehr nahe wie 7 : 4. Hiernach war in den f den vier Fällen die Betriebskraft oder die der Maschine mitget lebendige Kraft sich gleich, nämlich

a) wenn mit dem gröſseren Klotze 8 Schläge von 7 Zoll Höh
b) wenn mit demselben Klotze 28 Schläge von 2 Zoll Höh
c) wenn mit dem kleineren Klotze 14 Schläge von 7 Zoll Höh
d) wenn mit demselben Klotze 49 Schläge von 2 Zoll Höh

gemacht wurden. Es kam darauf an, zu prüfen, ob die Effecte die Tiefen, zu welchen der Pfahl eindrang, dieselben waren. diesem Zwecke befestigte ich an das obere Ende des Pfahles eingetheilten Maafsstab, an dem sowohl die Hubhöhe, als die des Eindringens abgelesen wurde. Indem der Pfahl aber An leichter eindrang, als später, so durfte diese Differenz nicht an Resultat Einfluſs behalten, ich entfernte sie dadurch, daſs ich i letzten Hälfte der Beobachtungen die Reihenfolge umkehrte und lich aus den je vier entsprechenden Beobachtungen das arithme Mittel nahm. Die vorstehend gewählte Bezeichnung der versc nen Versuche durch *a*, *b*, *c* und *d* ist in der folgenden Zusam stellung beibehalten.

Beobachtungs-art	Abgelesene Höhe	Senkung des Pfahles
1) *a*	0,24 Zoll	0,24 Zoll
2) *b*	0,40 -	0,16 -
3) *c*	0,53 -	0,13 -
4) *d*	0,62 -	0,09 -
5) *a*	0,80 -	0,18 -
6) *b*	0,92 -	0,12 -
7) *c*	1,05 -	0,13 -
8) *d*	1,12 -	0,07 -
9) *d*	1,17 -	0,05 -
10) *c*	1,26 -	0,09 -
11) *b*	1,33 -	0,07 -
12) *a*	1,45 -	0,12 -
13) *d*	1,50 -	0,05 -

Beobachtungs-art	Abgelesene Höhe	Senkung des Pfahles
14) *c*	1,58 Zoll	0,08 Zoll
15) *b*	1,65 -	0,07 -
16) *a*	1,75 -	0,10 -

m bemerkt, dafs die Beobachtungen Litt. *a* den gröfsten Effect ben und die Beobachtungen Litt. *d* den geringsten. Die mittle- n Werthe sind

für *a* 0,160
- *b* 0,105
- *c* 0,108
- *d* 0,065

Dieselbe Betriebskraft gab also bei dem gröfseren Klotze und i der gröfseren Hubhöhe einen 2½ mal so grofsen Effect, als wenn r kleinere Klotz zu der kleineren Höhe erhoben wurde, die ge- ge Differenz zwischen den Werthen für *b* und *c* scheint aber an- deuten, dafs eine Vergröfserung der Hubhöhe vortheilhafter ist, s eine Vermehrung des Gewichtes des Klotzes.

Das erhaltene Resultat schliefst sich an manche Erfahrungen , die man oft genug zu machen Gelegenheit hat. Wenn man z. B. einem beschränkten Raume, wo man einen Hammer nicht gehö- schwingen kann, einen Nagel einschlagen will, so wird man nge Zeit hindurch klopfen müssen, ehe man den Nagel soweit ein- ibt, wie durch einen einzigen kräftigen Schlag geschehn wäre. n Grund davon kann man zum Theil in der starken Reibung hen, welche nach der Ruhe eintritt. Der Nagel setzt nämlich n weiteren Eindringen einen gewissen Widerstand entgegen, aber or er überhaupt in Bewegung kommt, mufs jene Reibung schon rwunden werden und der Impuls, den er erhält und wodurch er ter eingetrieben wird, bestimmt sich durch die Differenz zwischen lebendigen Kraft des Schlages und derjenigen lebendigen Kraft, he zur Ueberwindung der Reibung nach der Ruhe erforder- ist. Nun kann es sich treffen, das die letzte beinahe eben so ist, als die erste, und alsdann ist jene Differenz sehr unbe- end, sie kann sich sogar auf Null reduciren, oder die Wirkung ganz auf und alle Schläge werden vergeblich geführt. So be- t man beim Rammen, dafs ein Pfahl, der schon ziemlich fest

steht, durch die wiederholten Hitzen von niedrigen Schläg
mehr afficirt wird, während einige stärkere Schläge ihn glei
lich herabtreiben. Aus den angeführten Versuchen ergiebt si
dafs die Beschaffenheit des Grundes von wesentlichem Ein
Sobald dem plötzlichen tieferen Eindringen bedeutende Wid
entgegentreten, so geben wahrscheinlich die nächsten Erds
etwas nach, und folgen dem Klotze, wenn er einen sch
Schlag erhält, ohne sich von ihm zu lösen, und heben ihr
an seine frühere Stelle, wenn die Wirkung des Schlages
Ein stärkerer Schlag dagegen löst die Verbindung und tr
Pfahl herab. Diese Erklärung steht in naher Beziehung
andern Erscheinung, die man beim Einrammen von Pfähle
hem und nassem Thone mehrmals beobachtet hat, dafs näm
jedem Schlage der Pfahl zugleich mit seiner nächsten Um
sich merklich senkt, aber unmittelbar darauf auch sich wi
hebt, und daher gar nicht eingerammt werden kann.

Es entsteht die Frage, ob der erwähnte Vortheil de
seren Hubhöhe sich bei den Kunstrammen wirklich her
oder ob man ihn nur bei Versuchen im Kleinen bemerk
Beim Bau der Brücke zu Neuilly machte schon Perronet di
rung, dafs unter gleichen Umständen der Arbeitslohn für
schlagen eines Pfahles mit der Zugramme 13 Livres 15 S
mit der Kunstramme 5 Livres 1 Sous 7 Deniers kostete.
Vergleichung ist indessen insofern nicht entscheidend, als di
ramme nicht durch Menschen, sondern durch Pferde in B
gesetzt wurde. Dagegen theilt de Cessart das noch günsti
sultat mit, dafs beim Bau der Brücke zu Saumur das Ei
des Pfahles auf 26 Fufs Tiefe durchschnittlich mit der Z
38 Francs 15½ Sous und mit der Kunstramme, die gleichfa
Menschen bewegt wurde, nur 12 Francs 13 Sous, also n
den dritten Theil kostete. **)

Als ich bei den Bohlwerksbauten in Pillau eine Kun
eingerichtet hatte, liefs ich die gewöhnliche Zugramme, de
10 Centner wog und die mit 36 Mann besetzt war, lange
durch auf denjenigen Bohlwerkspfahl wirken, woran mit de

*) *Description des ponts etc. p.* 75.

**) *Description des travaux hydrauliques. I. p.* 185.

me der erste Versuch gemacht werden sollte. Der Pfahl steckte
em festen Sandboden so tief, dafs er in der einzelnen Hitze zu-
t gar nicht mehr merklich zog, und die 36 Mann in der Ar-
eit von zwei Stunden ihn keinen Zoll tiefer herabbringen konn-
. Nunmehr liefs ich die Kunstramme darüber stellen, und der
e Schlag des 10¼ Centner schweren Klotzes trieb bei der Fall-
e von 20 Fufs den Pfahl ¼ Zoll herab, es hatten also in diesem
le die vier Mann in Zeit von zwei Minuten an der Kunstramme
r gewirkt, als 36 Mann an der Zugramme in einer Stunde lei-
n konnten. Dieses Resultat war so überraschend und augen-
g, dafs die Arbeiter ihre Besorgnifs laut aussprachen, sie wür-
n nunmehr die dauernde Beschäftigung an der Ramme verlieren.
er habe ich durch directe Beobachtung den Effect des Schlages,
n er durch verschiedene Fallhöhen hervorgebracht wird, zu er-
eln versucht. Ich liefs nämlich, nachdem ein Pfahl schon eini-
mafsen fest stand, den Rammklotz zu verschiedenen Höhen he-
und beobachtete das Eindringen des Pfahles. Dieses betrug
Reihenfolge nach

1)	bei	10	Schlägen	von	3	Fufs	Höhe	. . .	1,7	Zoll
2)	-	6	-	-	6	-	-	. . .	3,9	-
3)	-	4	-	-	9	-	-	. . .	5,9	-
4)	-	3	-	-	12	-	-	. . .	7,9	-
5)	-	10	-	-	3	-	-	. . .	1,7	-
6)	-	6	-	-	6	-	-	. . .	3,9	-
7)	-	4	-	-	9	-	-	. . .	6,0	-
8)	-	3	-	-	12	-	-	. . .	8,0	-

rgiebt sich aus der Uebereinstimmung der vier ersten Beob-
ngen mit den vier letzten, dafs der Widerstand während des
ches ziemlich unverändert blieb, und wenn man hiernach die
ren Werthe für die Effecte der einzelnen Schläge darstellt, so
man, dafs diese nahe den Quadraten der Fallhöhen propor-
sind, und es lassen sich die beobachteten Gröfsen ziemlich
durch die Formel

$$s = 0{,}018 \,.\, h^2$$

llen, wo s die Tiefe bezeichnet, zu welcher der Pfahl ein-
und h die Fallhöhe des Klotzes. Man findet hieraus

für	$h = 3$	$s = 0{,}162$	also für	10	Schläge	1,62	Zoll
-	$h = 6$	$s = 0{,}648$	- -	6	-	3,89	-
-	$h = 9$	$s = 1{,}458$	- -	4	-	5,83	-
-	$h = 12$	$s = 2{,}092$	- -	3	-	7,78	-

was mit den Beobachtungen ungefähr übereinstimmt.

In Frankreich stellte Vauvilliers *) einen directen Vergl zwischen der Leistung der Zugramme und der Kunstramme. Beide hatten gleich schwere Klötze, nämlich von 641 Pfund, mit beiden wurden gleiche Pfähle in denselben Boden und gl tief eingeschlagen. An der Zugramme arbeiteten 22 Tagelöhner 1 Zimmermann, an der Kunstramme dagegen 4 Tagelöhner 1 Zimmermann, und bei letzterer wurde der Klotz mittelst der I bei durch Rad und Getriebe jedesmal 12½ Fufs hoch gehoben. erste Ramme schlug 48 Pfähle in 28 Tagen ein, die letzte eb viele in 18 Tagen. Die Kunstramme arbeitete also noch schn als die Zugramme, und bei ihr betrugen die Kosten an Tagl und Unterhaltung der Geräthe für jeden Pfahl 3,4 Fr., während der Zugramme diese Kosten auf 15,3 Fr. stiegen.

Auch verschiedene Erfahrungen aus neuster Zeit haben das Resultat ergeben. Bei den sehr ausgedehnten Rammarbeiten Gebäude für die steuerfreie Niederlage in Harburg wurden s Zug- wie Kunstrammen benutzt, und zwar beide nur durch Mensc kraft bewegt. Die schliefsliche Berechnung ergab, dafs die K bei Anwendung der Kunstramme sich zu denjenigen der Zugra nahe wie 4 zu 7 verhielten. **) Man darf dabei jedoch nicht beachtet lassen, dafs der Vortheil der Kunstramme nicht früher tritt, als bis der Pfahl so tief eingedrungen ist, dafs man den Ra klotz darüber bis zu einer angemessenen Höhe erheben kann, der Pfahl dem weiteren Eindringen einen gröfseren Widerstand gegensetzt. Beim Bau der Brücke über den Cher neben Saint-A ergab sich ***), dafs das Setzen und das anfängliche Eintreiben Pfähle mittelst der Zugramme weniger Kosten verursachte, al der Kunstramme, und dafs der Vorzug der letztern sich nicht

*) *Traité élémentaire de mécanique industrielle par Flachat.* Paris *pag.* 43.

**) Zeitschrift des Hannöverschen Architekten- und Ingenieur-Ve 1860. S. 288.

***) *Annales des ponts et chaussées* 1853. *I. pag.* 319.

zeigte, als bis die Pfähle ungefähr 11 Fufs tief in den leichten
en eingedrungen waren. Es dürfte sich sonach wohl diejenige
rdnung empfehlen, die ich in Pillau getroffen hatte, dafs nämlich
einer hohen Zugramme, die jedoch nur einen leichten Klotz
e, die Pfähle gesetzt und so tief herabgeschlagen wurden, bis sie
ler gewöhnlichen Hitze nur noch etwa 4 Zoll eindrangen, dafs
lann aber die Kunstramme sie bis zur erforderlichen Tiefe ein-
ng.

Es ergiebt sich hieraus, dafs die Kunstramme vergleichungs-
se zur Zugramme in doppelter Beziehung die Leistung der dabei
estellten Arbeiter vermehrt, nämlich einmal gestattet sie eine an-
essene Kraftäufserung, wodurch die ganze Tagesthätigkeit des
elnen Arbeiters sich vergröfsert, und sodann bewirkt der höhere
b des Rammklotzes verhältnifsmäfsig ein tieferes Eindringen des
ahles, woher der Effect gegen die Betriebskraft sich gleichfalls
nstiger herausstellt. Es ist sonach in ökonomischer Beziehung
rtheilhaft, sich der Kunstramme zu bedienen, und wenn die Pfähle
r fest eingeschlagen werden sollen, so kann man durch sie die
lfte bis zwei Drittheile des Arbeitslohnes ersparen. Dagegen ge-
hrt die Zugramme den Vortheil, dafs man mehr Arbeiter dabei
stellen kann, und wenn man sonach auf eine gewisse Anzahl von
mmen beschränkt ist, und die möglichste Beschleunigung in die-
n Theile der Arbeit erfordert wird, so kann es allerdings zuwei-
zweckmäfsig sein, die Kunstrammen zu vermeiden. Nichts desto
niger dürften solche Verhältnisse sich nicht leicht wiederholen und
nigstens bei gröfseren Bauten wohl nie vorkommen.

Bei den Kunstrammen wird der Klotz mittelst einer mechani-
ien Vorrichtung durch verschiedene Haken gehoben, in ei-
gewissen Höhe löst sich diese Verbindung, der Klotz stürzt
herab, und gemeinhin folgt ihm alsdann der Haken, um ihn aufs
ue zu fassen. Wird die Ramme durch Menschenkraft bewegt, so
gt man, um den ganzen Apparat möglichst einfach darzustellen,
Arbeiter eine Kurbel drehen zu lassen, doch geschieht dieses zu-
ilen auch in andrer Weise. So waren beim Bau des Aquaducts
r den Potamac zwei Kunstrammen im Gange, an jeder wog der
otz 1300 Pfund und konnte 40 Fufs herabfallen. Die eine, die
ttelst einer Kurbel durch 8 Mann bewegt wurde, machte nur alle
Minute einen Schlag und die andere, die durch 6 Mann in Be-

wegung gesetzt wurde, welche auf einem Tretrade gingen, alle 1¼ Minute einmal, weshalb man später die erste Ramm mit einem Tretrade versah.*) In Frankreich hat man m auch andere Betriebskräfte und namentlich die Pferdekraft sem Zwecke angewendet. So liefs Perronet schon die Wi den Klotz hob, durch ein Pferd in der Art in Bewegung dafs dieses ein Tau von einer Trommel abwickelte und dad letztere drehte. Bei den Bauten im Kriegshafen zu Lorient zwei Kunstrammen durch Pferdegöpel in Bewegung gesetz beim Bau der Brücke zu St. Maxence liefs Perronet die durch ein Wasserrad treiben. In England sind Kunstrammen seit langer Zeit theils durch besondere Dampfmaschinen, thei durch Locomobilen in Bewegung gesetzt, gegenwärtig geschi ses auch bei uns und anderweitig nicht selten, besonders wenn arbeiten in grofser Ausdehnung ausgeführt werden.

Zunächst mag hier die sehr einfache Kunstramme besc werden, die ich nach dem Muster einer in Hull benutzten, i einrichtete und die ich bis zu meinem Abgange von dort m günstigem Erfolge bei allen dortigen Bohlwerks-Bauten geb Sie hat vor den übrigen, von denen weiterhin die Rede sei den Vorzug, dafs sie mit sehr geringen Kosten (etwa 30 aus einer gewöhnlichen Zugramme dargestellt war.

Der wichtigste Theil des Apparates ist der Haken, den Klotz hebt und in einer gewissen Höhe ihn wieder falle Derselbe ist Fig. 190 *a*, *b* und *c* dargestellt, *a* zeigt ihn v Seite, dicht über dem Klotze schwebend, in dessen Bügel fernerer Senkung von selbst eingreift, *b* ist die Ansicht vo und *c* von oben. In der letzten Figur sind zugleich die ruthen im Querschnitte sichtbar. Der Haken mufs so ausg ten sein, dafs er an der untern Seite eine schräge Fläche welche beim Aufstofsen auf die Oese des Rammklotzes sich legt und dadurch ein Eingreifen in dieselbe möglich macht. ist dagegen der Haken concav ausgefeilt, doch mufs diese Krü einem Kreisbogen entsprechen, dessen Mittelpunkt in der Dr achse des Hakens liegt, weil er nur in diesem Falle sicher d fafst und sie leicht hinausgleiten läfst, sobald er zurückgezoge

*) *Civil Engineer and Architect's Journal. I. p.* 150.

n den Haken sind zwei Arme angeschmiedet, von denen der kür-
re das Gegengewicht trägt, welches den Haken einstellt, der län-
re dient dazu, ihn zu lösen, sobald der Klotz hoch genug gehoben
. Der letzte greift durch einen Schlitz in dem unteren Theile des
Blockes hindurch und sichert dadurch nicht nur dem Haken die feste
llung, sondern verhindert auch, dafs nicht etwa das Gegengewicht ihn
weit umdreht. Eine Schiene, die sich wieder in der Linie befindet,
che durch den Schwerpunkt des Klotzes parallel zur Läuferruthe
ogen ist und daher mit der Richtung des Rammtaues zusammen-
lt, trägt den Haken. Oben ist sie mit einer Kausche versehen,
wan das Rammtau angesteckt ist. Der hölzerne Klotz am Haken
er der Fallblock *(the follower)* greift zwischen die beiden Läu-
ruthen hindurch und wird rückwärts durch ein Brettstück, welches
Stelle der Riegel an den Armen des gewöhnlichen Rammklotzes
eht, gehalten. Diese Befestigung mufs, wie die Figur zeigt,
glichst hoch angebracht werden, indem sie alsdann beim Herab-
en des Blockes die schräge Stellung des letzten verhindert, wo-
i dieser eine starke Reibung erfahren würde. Beim Aufsteigen
rd dagegen der Fallblock durch das überwiegende Gewicht des
mmklotzes in der gehörigen Richtung erhalten, wodurch jedes
emmen vermieden wird.

Der abwärts gerichtete Theil des Fallblockes, der unten mit
em eisernen Ringe beschlagen ist, mufs so lang sein, dafs, wenn
auf dem Klotze aufsteht, der Haken bereits in die Oese einge-
ten ist, ohne jedoch weder diese noch die Oberfläche des Klotzes
berühren. Sobald der Fallblock nunmehr aufgewunden wird, so
bt er den Klotz mit sich, bis der längere Arm am Haken herab-
drückt wird, worauf der Rammklotz sich löst und herabstürzt.
s Herabdrücken dieses Armes geschah Anfangs übereinstimmend
t der in Hull vorkommenden Einrichtung durch eine Leine,
lche an die Schwelle der Ramme befestigt wurde. In einer ge-
ssen Höhe zog sich diese Leine von selbst steif, drehte den Ha-
n und löste den Klotz. Es trat jedoch hierbei der Uebelstand
, dafs die Leine leicht in Unordnung kam, sie legte sich oft
ischen die Arme des Klotzes und die Läuferruthe, oder klemmte
l verwickelte sich an andern Theilen des Apparates, so dafs sie
ufig rifs und noch öfter den Klotz löste, bevor er hoch genug
oben war. Ich brachte daher die Aenderung an, dafs ich den

erwähnten Arm am Haken eben so weit als die Arme d
klotzes verlängern liefs und etwas unter derjenigen Höh
der Fallblock überhaupt erreichen durfte, einen Bügel
An diesen stiefs der Arm und wurde dadurch herabgedr
solche Art konnte die Leine nicht nur entbehrt werde
ich erreichte auch noch den Vortheil, dafs das Auslösen
immer möglichst spät erfolgte und letzterer dadurch je
der gröfsten Höhe herabstürzte, die er nach Maafsgabe
gerüstes überhaupt erreichen konnte.

Die Vorrichtung zum Aufwinden und Herablassen des
zeigt Fig. 191 *a* und *b* in der Ansicht von der Seite und
Die Zusammensetzung dieses Theils des Apparates best
hauptsächlich durch das Rad und Getriebe, welches am
zu beschaffen war. An einen starken Rahmen aus eiche
der durch zwei Riegel und zwei Schraubenbolzen verb
wurde die Windevorrichtung befestigt, woran das Rammt
zogen werden sollte. Bei dem starken Zuge, den das
wärts ausübt, kam es darauf an, nicht nur die Pfannen
vor einem Ausheben gehörig zu sichern, sondern auch d
selbst zurückzuhalten. Letzteres geschah in der Art, da
Halbholz unter die Schwelle der Ramme neben den Läuferr
geschoben wurde. Auf diesem ruhte der Rahmen, und ein
beide Riegel geschlungene Kette, die noch durch zwisch
Keile gespannt wurde, hielt ihn sehr sicher in seiner La
wurde noch das hintere Ende des Halbholzes durch Klötze
beschwert. Die Pfannendeckel für die Achse der Winde
die Figur zeigt, durch zwei Schraubenbolzen an jeder Se
welche durch den Rahmen griffen. Die Achse des Ge
bei der Richtung, in welcher das Tau aufgewunden i
gedrückt und sonach kommt ein Heben derselben nicht

Indem das Getriebe nicht immer in das Rad ein
sondern gelöst werden mufs, sobald der Klotz hera
und der Fallblock demselben folgen soll, so ruht sein
einer Seite in einer Gabel und auf der andern in eine
einem Hebel. Letzterer kann über einer Latte, die an
genagelt ist, hin- und hergeschoben werden, und jena
der einen oder andern Kerbe ruht, ist das Getriebe
oder frei. Das Getriebe hatte 10 und das Rad 46 Zähn

rbel, deren Länge 15 Zoll betrug, konnte ich nur je zwei, also
mmen nur vier Mann anstellen und sonach durfte die Walze,
welche das Rammtau sich aufwindet, nur 8 Zoll im Durchmesser
ben, weil sonst die Last für die Arbeiter zu grofs geworden wäre.
raus ergab sich der Uebelstand, dafs die Steifigkeit des Taues
ein merkliches Hindernifs der Bewegung entgegensetzte, und was
ch übler war, das Tau litt sehr stark und rifs schon nach kurzem
brauche. Ich sah mich daher wieder gezwungen, von dem be-
n Hanf zu diesem Zwecke Taue von 1 Zoll Durchmesser spinnen
lassen, und diese zeigten sich so dauerhaft, dafs sie jedesmal
hrere Monate hindurch benutzt werden konnten.

Sobald der Rammklotz herabgefallen war, so durfte man nicht
ne Weiteres das Getriebe auslösen, denn in diesem Falle stürzte
r Fallblock mit grofser Heftigkeit herab und ertheilte der Winde
ne so starke Drehung, dafs das ganze Tau ablief und das hintere
de desselben sich verkehrt aufwand, wodurch nicht nur ein be-
tender Zeitverlust entstand, sondern auch das Tau, besonders
, wo es mit der Kramme an die Walze befestigt war, beschädigt
rde. Es mufste sonach diesem Uebelstande durch eine Brems-
rrichtung vorgebeugt werden, welche die beiden Figuren zeigen.
bald einer von den vier Arbeitern an der Kurbel das Getriebe
löste, so drückte der andre die Bremse auf die Winde, so dafs
se sich nur mit mäfsiger Geschwindigkeit und nur so weit be-
gte, bis der Fallblock auf dem Klotze aufstand.

Was den Betrieb der Ramme betrifft, so hatte ich um alle
sen zu vermeiden, sechs Mann dabei angestellt, von denen jedoch
vier die Kurbeln drehten, während zwei ausruhten, um nach
zer Zwischenzeit zwei der Ersten abzulösen. Es war aber die
lingung gemacht, dafs die Arbeit nie unterbrochen werden durfte
dieses liefs sich leicht controlliren, da die starken Schläge der
stramme sehr weit zu hören waren. In einer Minute erfolgten
Umdrehungen der Kurbel, oder der Klotz wurde um 19½ Fufs
oben. Von dem Augenblicke ab, wo sich der Klotz löste, bis
Wiederbeginne des Drehens der Kurbel vergingen aber 50 bis
Secunden, sonach wurden durchschnittlich in der Stunde 25
läge gemacht. An einem Tage konnten 2½ Pfähle nachgeschla-
werden, während die mit 36 Mann besetzte Zugramme durch-
ittlich 4 solcher Pfähle nachschlug. Der Arbeitslohn für das

timmte. Er ist Fig. 193 auf Taf. XV in der Ansicht von
d von der Seite dargestellt. Der Fallblock besteht gleichfalls
s und zwar aus zwei Klötzen, welche durch zwei Bolzen
nder verbunden sind. Bei dieser Ramme verdient die Be-
gsart des Klotzes gegen die Läuferruthe einer besondern Er-
g. Der Klotz, der in beiden Ansichten unter dem Fallblocke
net ist, besteht aus Gufseisen und statt der Arme sind zwei
hindurchgezogen, die am hintern Theile abgedreht sind und
h die Achsen für hölzerne Walzen bilden. Diese Walzen be-
sich in dem Schlitze zwischen den Läuferruthen, um die Rei-
n zu vermindern. Endlich sind hinter den Walzen noch Scheiben
senblech von 11 Zoll Durchmesser und $\frac{1}{2}$ Zoll Stärke aufge-
und festgeschroben, welche theils das Abfallen und theils das
ten der Walzen aus den Läuferruthen verhindern. Die letz-
ind sowohl hinten als vorn mit eisernen Schienen beschlagen
se Walze nebst Scheibe, die der beschriebenen gleich ist, be-
sich auch am Fallblocke, um dessen Bewegung zu erleichtern
n sichern. Der Rammklotz wog 1200 Pfund und wurde mit-
iner eisernen Winde durch 4 Mann 20 bis 30 Fufs hoch ge-
. Um das Spalten und Zerschlagen der Pfähle zu verhindern,
: der Kopf eines jeden Pfahles etwas conisch zugeschnitten und
arker eiserner Ring von 4 Zoll Höhe und 1 Zoll Stärke auf-
ben. Nach den ersten Schlägen des Klotzes war das Holz,
t es vor diesem Ringe vorstand, zerschlagen, aber weiter konnte
fahl auch nicht beschädigt werden, und sobald er bis zur ge-
n Tiefe eingerammt war, schnitt man das obere Ende ab, wor-
er Ring wieder für die folgenden Pfähle benutzt wurde.

Häufig sieht man in England die in Fig 195 dargestellte Ein-
ng der durch Menschenkraft getriebenen Kunstrammen. Die
ng unterscheidet sich von der in England üblichen Zugramme
rch, dafs die beiden Querschwellen vor die vordere Langschwelle
ten, und aufserhalb der letzteren die beiden Läuferruthen um-
n, die eine Schere bilden und so oft es nöthig ist, unter die
chwellung herabreichen. Der gufseiserne Rammklotz ist nicht
vortretenden Armen, sondern an beiden Seiten mit ausgehobel-
Rinnen versehn, und diese umfassen die gleichfalls sorgfältig be-
teten Eisenschienen von quadratischem Querschnitt, die mittelst
nkter Holzschrauben an die innern Seiten der Läuferruthen be-

stigt sind. Diese Schienen liegen jedoch n
änge parallel, sondern oben treten sie viel
e Figur zeigt. Der Fallblock, der Fü
cht, *b* im horizontalen und *c* im vert
t, besteht gleichfalls aus Gufseisen
immend mit dem Rammklotze
elche die Leitschienen eingre
ange, deren beide Arme
ben dagegen eiserne Rolle
ändern gleichfalls die L
en ein starkes Uebergew
n, so lange sie sich
teht der Rammklotz
fahle auf, und fü
es Klotzes die Z
er, sobald di
ette aufgew
is die be
arallele
inander
ifst.
am
nso
te

Anwendung
ch dreimalige, Un
nachtheilig, weil die
, und von diesem stofsw
uch nicht vortheilhaft, dafs
rpunkte, sondern seitwärts gef

Uebelstände ist in der Ramme
, die in England vielfach wie
Westminster Brücke, und so auch in
Entwässerungs-Schleuse des Blocklande
günstige Resultate gegeben haben soll. S
Dampf eingerichtet, steht auf einem Wa
läuft, und kann aufserdem um einen s
so dafs sie beim Vorrücken eine Reih
auf derselben Bahn parallel zur erst
reibt. Die Kette ohne Ende, welche den Ra
genannte Vaucansonsche Kette, deren Glieder
und zweien durchbohrten Scheiben bestehn
einander verbunden sind. Indem die Zähne ei
die Doppel-Platten eingreifen, so wird die
wenn sie auch nur auf einem Quadrant
sie bleibt also stets in derselben Ebene, und i
gleichmäfsiger und sicherer als bei der Bowerschen
läuft wieder über zwei Rollen, von denen eine
andre am Kopfe der Läuferruthen angebracht ist,
die letztere gleichfalls durch eine Schraube verstellt
der Kette die nöthige Spannung zu geben.

Die Kette befindet sich hier sogar hinter der Lä
entfernt sich daher noch mehr von dem Schwerpunkt
klotzes. Sie ist durch die hintern Enden der beiden Arn
klotzes hindurchgezogen und an dem obern sind zwei

wer im Jahre 1853 in England patentirt wurde.*) Eine Kette Ende wird durch eine Trommel in Bewegung gesetzt, in ihr n gewissen Abständen eiserne Kegel eingeschaltet, die beim igen die Basis nach oben und die Spitzen nach unten gekehrt . Damit die Kette der Bewegung der Trommel folgt, mufs hrmals um diese geschlungen sein, und alsdann legt sich jede Windung an die Seite der nächst vorhergehenden, woher die Kette iber das Ende der Trommel herabfallen würde, wenn diese ylindrisch gestaltet wäre. Aus diesem Grunde ist die Trommel Seite, wohin die Windungen vorrücken, mit einem stark vor- len Rande versehn, neben dem die Seitenbewegung der Kette en mufs. Von dieser Trommel wird die Kette über eine Rolle en die Läuferruthen geleitet, und über eine zweite Rolle am Ende der letzteren geht sie zur Winde zurück. Sie steigt also en den beiden Läuferruthen auf, ohne vor dieselben vorzutreten. er gufseiserne Rammklotz greift mit einem angegossenen Arme, en so lang ist, wie er selbst, durch die Läuferruthen hindurch ird rückwärts durch eine angeschrobene Platte gehalten. Der st in der ganzen Höhe durchbohrt, und zwar so weit, dafs te mit den kegelförmigen Ansätzen hindurch gezogen werden ohne dafs die letzteren die Wandungen berühren. Der Klotz n seiner obern ebenen Fläche eine darauf liegende Zange, die einen vertikalen starken Bolzen, um welchen ihre beiden Arme ehn, an ihm befestigt ist. Diese Arme greifen, wie bei der nlichen Schere, über einander, so dafs die Zange, deren kür- rme über jener Oeffnung im Rammklotze sich befinden, sich sobald die längeren, die über diesen hinausgreifen, aus einan- drückt werden. Dieses Trennen der Arme erfolgt durch eine nige Eisenplatte, die man in solcher Höhe an die Läufer- schraubt, dafs der Klotz, nachdem er auf den Pfahl herab- n ist, möglichst bald von dem folgenden kegelförmigen Ansatze wird. Die Zange wird durch eine Feder geschlossen und ther Stellung gehalten, dafs jeder kegelförmige Ansatz sich sie legt und sie zugleich mit dem Klotze hebt, bis der Keil nge öffnet, und worauf sie wieder mit dem Klotze herabstürzt.

---

*) *Civil Engineer and architect's Journal. XVII.* 1854. *p.* 373. Der Be- ung ist auch eine ziemlich klare Zeichnung beigefügt.

Um die Kette gehörig zu spannen, kann die obere Rolle mittelst einer Schraube gehoben und gesenkt werden, doch auch diess genügt nicht, indem die Kette sich bald mehr, bald weniger auf den ansteigenden Rand der Trommel auflegt, daher ist auch die untere Rolle beweglich und wird durch eine starke Feder dauernd herabgedrückt.

Obwohl diese Ramme verschiedentlich Anwendung gefunden hat, so ist doch die mehrfache, gewöhnlich dreimalige, Umschlingung der Kette um die Trommel höchst nachtheilig, weil die Kette dabei bis an den erhöhten Rand rückt, und von diesem stofsweise zurückgleitet. Aufserdem ist es auch nicht vortheilhaft, dafs der Klotz nicht über seinem Schwerpunkte, sondern seitwärts gefafst und gehoben wird.

Der erste dieser Uebelstände ist in der Ramme von Sisson und White vermieden, die in England vielfach wie zum Beispiel beim Umbau der Westminster Brücke, und so auch in Bremen bei Erbauung der Entwässerungs-Schleuse des Blocklandes benutzt ist, und die sehr günstige Resultate gegeben haben soll. Sie ist für den Betrieb durch Dampf eingerichtet, steht auf einem Wagen, der auf einer Eisenbahn läuft, und kann aufserdem um einen starken Zapfen gedreht werden, so dafs sie beim Vorrücken eine Reihe Pfähle und beim Rückgange auf derselben Bahn parallel zur ersten Reihe eine zweite eintreibt. Die Kette ohne Ende, welche den Rammklotz hebt, ist eine sogenannte Vaucansonsche Kette, deren Glieder abwechselnd aus einer und zweien durchbohrten Scheiben bestehn die durch Bolzen mit einander verbunden sind. Indem die Zähne eines Stirnrades zwischen die Doppel-Platten eingreifen, so wird die Kette sehr sicher gefafst, wenn sie auch nur auf einem Quadranten des Rades aufliegt, sie bleibt also stets in derselben Ebene, und ihre Bewegung ist gleichmäfsiger und sicherer als bei der Bowerschen Ramme. Die Kette läuft wieder über zwei Rollen, von denen eine am Fufse und die andre am Kopfe der Läuferruthen angebracht ist, und von diesen die letztere gleichfalls durch eine Schraube verstellt werden kann um der Kette die nöthige Spannung zu geben.

Die Kette befindet sich hier sogar hinter der Läuferruthe und entfernt sich daher noch mehr von dem Schwerpunkte des Rammklotzes. Sie ist durch die hintern Enden der beiden Arme des Rammklotzes hindurchgezogen und an dem obern sind zwei Rollen ang

nelt, die sich gegen die Rückseite der Ruthen lehnen, um die ibung zu vermindern.

Aus dem Klotze tritt ein horizontaler Riegel gegen die Kette, t mittelst einer excentrischen Scheibe, gegen welche er sich lehnt, r und zurückgeschoben werden kann. Die Achse dieser Scheibe gt zur Seite des Klotzes zwei Arme, an einen derselben ist eine ine angesteckt, welche, durch einen besonders dazu angestellten ter angezogen wird, sobald der Riegel in die Kette geschoben, l der Klotz gehoben werden soll. Der andere Arm stöfst dage- in einer gewissen Höhe an einen Daumen, der an die Läufer- he geschroben ist, wird von diesem gedreht und zieht dadurch Riegel zurück, worauf der Klotz herabstürzt. *)

Die verschiedenen Arten der Kunstrammen werden in neuerer häufig durch Dampf betrieben, und zwar entweder durch ne Dampfmaschinen, die zu diesem Zwecke besonders bestimmt auf die Verschwellung der Ramme gestellt werden, während tere alsdann auf Rädern ruht und auf einem weitspurigen Eisen- n-Geleise läuft, oder noch häufiger benutzt man eine Locomobile, he mittelst einer Riemscheibe die Winde der Ramme treibt. nders vortheilhaft zeigt sich die Anwendung der Dampfkraft, die Bewegung der Winde nicht bei jedem Schlage unterbrochen en darf, vielmehr wie bei den zuletzt beschriebenen Kunstram- die Winde in continuirlicher Drehung erhalten wird.

Eine eigenthümliche Dampframme, in welcher die ganze Dampf- hine unmittelbar auf dem einzutreibenden Pfahle ruht und diesen tet, während die Schläge des mit der Kolbenstange fest verbun- Klotzes sich überaus schnell wiederholen, verdient noch er- t zu werden, wenn auch die Beschreibung aller Details derse- nicht hierher gehört.

Nach manchen Erfahrungen ist es wenigstens bei gewissen Bo- ten vortheilhaft, die Rammarbeiten schnell fortzusetzen, und hen den einzelnen Schlägen keine langen Pausen eintreten ssen, wobei der Pfahl sich fester mit der umgehenden Erde det, und alsdann zum weitern Eindringen eines stärkeren

*) Ausführliche Beschreibung und Zeichnung dieser Maschine ist in der rift des Hannöverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins Bd. XII. Seite 418. mitgetheilt.

Um die Kette gehörig zu spannen, kan[illegible]e
telst einer Schraube gehoben und gesenkt [illegible]chn
genügt nicht, indem die Kette sich bald [illegible]n las
ansteigenden Rand der Trommel aufl[illegible] wissern
Rolle beweglich und wird durch ei[illegible] die erste
gedrückt. [illegible] waren, sich d

Obwohl diese Ramme ve[illegible]are Maschine b
hat, so ist doch die mehrfache [illegible]marbeiten möglich
der Kette um die Trommel [illegible]
bis an den erhöhten Ran[illegible] den Hafenbauten in Dev
gleitet. Aufserdem ist [illegible] die 60 bis 70 Fufs langen
nicht über seinem Sc[illegible] Fufs tief eingerammt sein sol
hoben wird. [illegible]ke bei Newcastle, so wie de

Der erste d[illegible]ducts über den Tweed bei Ber
und White ver[illegible] Pfähle nach der Beschaffenheit des
beim Umbau [illegible] Fufs tief eindrangen. Rob. Ste
Erbauung d[illegible] ihm gemachten Erfahrungen diese
und die s[illegible] Maschinen, die in neuerer Zeit z
Betrieb [illegible]ührungen erfunden wären. *) Die Ra
einer F[illegible]denen andern Orten versucht, auch i
gedre[illegible]hah dieses, indem eine solche, in der Ma
bein[illegible] Borsig erbaut, zum Einschlagen einer aus
zw[illegible] am Ufer der Spree vor dem Hüttenwerke b
is[illegible] Sie trieb die Pfähle mit überraschender
[illegible] dafs Nasmyth's Aeufserung, die Pfähle dränge
[illegible] Grund, wie man eine Stecknadel in ein Nadel
[illegible] sich nicht weit von der Wahrheit entfernte, w
[illegible]ere Zeitaufwand zum Verstellen der Ramme
[illegible] neuen Pfahles sehr auffallend war. Aufser
[illegible] noch andere und zwar sehr bedeutende Unt
[illegible]rken Erschütterungen verursachen nämlich,
[illegible] Construction ohnerachtet, häufige Brüche einze
[illegible] Beschädigungen der Maschine, so dafs m
[illegible]n kann, ohne eine gehörig eingerichtete
[illegible] zu haben, und selbst in diesem Falle dürfte e
die am meisten einer Gefahr ausgesetzten T

---

*) *The Civil Engineer and Architect's Journal.* 1848.

...chädigung sie sogleich auswechseln zu
...o auch diese Vorsicht angewendet
...ren behufs Reparaturen so oft
...ngefähr den vierten Theil
...icher die Maschine aufge-
...ufs aber noch viel ungünsti-

...mmen ist in mehreren technischen
...are Anordnung schliefst sich im Allgemei-
... Dampfhammer an, der schon früher auf
...n und Maschinenbau-Anstalten eingeführt war.
...ie Eisenmasse, welche den Hammer bildet, unmit-
Kolben des Dampfcylinders gehängt ist, so trägt auch
ampframme die Kolbenstange unmittelbar den schweren
...lotz. Hierbei tritt indessen die Schwierigkeit ein, dafs der
...pfcylinder immer in gleicher und bestimmter Höhe über dem
...kopfe schweben, oder in dem Maafse, wie letzterer herabsinkt,
... gleichfalls senken mufs. Dieses ist dadurch erreicht, dafs der
...pfcylinder mit einem Gehäuse aus starkem Eisenblech verbun-
... ist, worin der Klotz spielt, dieses Gehäuse aber auf dem Kopfe
... einzurammenden Pfahles aufsteht. Das Dampfrohr mufs hier-
... flexibel sein, um bei allen Stellungen des Cylinders denselben
... dem fest stehenden Dampfkessel zu verbinden.

Eine starke Rüstung, die bei der nach Dirschau gelieferten
...mme 15 Fufs lang und 13 Fufs breit ist, steht mit vier Rädern
... einer Eisenbahn und trägt die ganze Maschine. Auf der hintern
... dieser Rüstung liegt der Dampfkessel, der wie ein Locomo-
...kessel eingerichtet ist. In der Mitte der vordern Seite steht
...gegen die Läuferruthe, die seitwärts durch Zugstangen und rück-
...wärts durch einen starken gufseisernen Rahmen gehalten wird. Sie
... 45 Fufs hoch und 14 und 12 Zoll stark. Zwei starke Schienen,
... auf ihrer vorderen Fläche befestigt sind, treten auf beiden Seiten
... Zoll weit vor, und dienen zur Führung des erwähnten Gehäuses,

*) Förster's allgemeine Bauzeitung. XV. Jahrgang. 1850. Seite 4. — Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleifses in Preufsen. Jahrgang 1848. S. 151. Die letzte Beschreibung bezieht sich auf die beim Bau der Weichselbrücke bei Dirschau benutzte Ramme.

auf dem der Dampfcylinder steht. Dies
hoch, und unten mit zwei starken gufs
welche den Pfahlkopf umfassen, so d
häuses unmittelbar vom Rammklotz

Auf den Deckel des Gehäu
schroben, der 3½ Fufs hoch und
tritt abwärts durch eine Sto
an den Rammklotz befesti
schlufs des Kolbens und
gegen wiegen die feste
nämlich das Gehäuse

Der Dampf ist
Pfund auf den Quad
dem Cylinder le
nen der erste
während di
und die D
Dieses i
satzröl
greif
sic
S

gt sind, geho
e bewegt, der K
er mit Auslösung ve
den Hebel zu sehr gesc
beraus complicirten Maschi
lten Versuche sollen sehr gü
läfst sich nicht ersehn, in we
en Kunstramme einen Vorzug
ensetzung augenscheinlich viel
Schlage erforderliche Drehung
enden Theil der Betriebskraft in

§. 37.

Rostpfähle

Die Rostpfähle, die entweder unbe
vorher beschlagen sind, versieht man
vierseitigen Spitzen. Solche Pfähle nen
unterscheidet dabei aber wieder zwei A
und Langpfähle. Grundpfähle heifse
Grunde stecken, Langpfähle dagegen,
tenden Theile ihrer Länge über den Bo
es gleichgültig, ob der freistehende Theil
ser befindet. Sowohl Grundpfähle, al
Rostpfähle sein. Bohlwerkspfähle, Schif

der Langpfähle. Hier sollen zunächst die
den, doch ist sogleich zu bemerken,
Unterscheidung von den Spund-
auch von solchen die Rede sein
hneide versehn, oder auch

ist fast immer Holz
dene Holzarten dazu
afs der Stamm, den man
u in dieser Beziehung empfeh-
nölzer, die man auch am häufigsten
iefernholz widersteht wegen der harzigen
, einer abwechselnden Nässe und Trockenheit
nem dauernden Angriffe des Wassers lange Zeit
dieser Beziehung hat es selbst vor dem Eichenholze
ich dieses namentlich beim Ausziehn der alten Bohl-
m Pillauer Hafen sehr deutlich bemerkte. Das Kiefern-
weit es immer unter Wasser geblieben war, sich gut
beim Eichenholze nicht der Fall war, auf den eichenen
es sogar schwer, die Kette des Wuchtbaumes zu be-
ald diese angezogen wurde, drückte sie sich tief in
und schnitt häufig den Kopf des Pfahles durch, woge-
nholz grofsentheils in so gutem Zustande sich befand,
em es ausgezogen war, noch bei Rüstungen und man-
Bauten benutzt werden konnte. Beide Sorten von
aber abwechselnd in früherer Zeit gewählt worden
durchschnittlich etwa 50 Jahre im Grunde gesteckt
der gewöhnlichen Ansicht ist das Eichenholz, wenn
Wasser bedeckt bleibt, vorzugsweise von langer Dauer,
Rostpfählen häufig angewendet wird, wahrscheinlich
ch besser, wenn es vollständig ausgewachsen ist, doch
e schon oben angedeutete Vorsicht noch besonders
ein, dafs eine Berührung mit fliefsendem Wasser ver-
ler dafs die eichenen Pfähle wirklich Grundpfähle sind.
eineswegs an Erfahrungen, welche beweisen, dafs das
unter Wasser zuweilen sehr lange erhält. So fand
ne Pfähle die in einem Moore bei Lancaster wahr-
000 Jahren eingerammt waren, noch ganz gesundes

die ganze Rüstung mit dem Dampfkessel, der Ramme und [illegible] Maschinen-Theilen auf der Eisenbahn soweit zu verfahren, [illegible] folgende Pfahl gesetzt werden kann, und endlich diesen Pfahl [illegible] zu heben und unter das Gehäuse zu bringen. In einzelnen [illegible] hat man überdiefs eine Kreissäge angebracht und mit der [illegible] Dampfmaschine verbunden, wodurch jeder Pfahl, nachdem [illegible] gerammt ist, sogleich in der passenden Höhe abgeschnitten [illegible] kann.

In neuster Zeit ist in den Niederlanden noch eine Kunst[illegible] versucht, die sich von allen übrigen dadurch unterscheidet, [illegible] Klotz mittelst eines etwa 20 Fufs langen gleicharmigen He[illegible] woran die Zugleinen befestigt sind, gehoben wird. Die Ramme [illegible] also wie eine Zugramme bewegt, der Klotz hebt sich auch [illegible] 5 Fufs, doch mufs er mit Auslösung versehn sein, weil ohne [illegible] der Schlag durch den Hebel zu sehr geschwächt werden würde. [illegible] mit dieser überaus complicirten Maschine, die von Bovy [illegible] ist, angestellten Versuche sollen sehr günstige Resultate ergeb[illegible] ben, doch läfst sich nicht ersehn, in welcher Beziehung sie vor [illegible] einfachsten Kunstramme einen Vorzug haben sollte, während [illegible] Zusammensetzung augenscheinlich viel kostbarer ist, auch die [illegible] jedem Schlage erforderliche Drehung des schweren Hebels ei[illegible] bedeutenden Theil der Betriebskraft in Anspruch nimmt.

§. 37.
Rostpfähle.

Die Rostpfähle, die entweder unbeschlagen, oder wie Bo[illegible] vorher beschlagen sind, versieht man mit pyramidalen und [illegible] vierseitigen Spitzen. Solche Pfähle nennt man Spitzpfähle, [illegible] unterscheidet dabei aber wieder zwei Arten, nämlich Grundp[illegible] und Langpfähle. Grundpfähle heifsen sie, wenn sie ganz [illegible] Grunde stecken, Langpfähle dagegen, wenn sie mit einem bed[illegible] tenden Theile ihrer Länge über den Boden vorragen, und zwar [illegible] es gleichgültig, ob der freistehende Theil sich über oder unter W[illegible] ser befindet. Sowohl Grundpfähle, als auch Langpfähle kön[illegible] Rostpfähle sein. Bohlwerkspfähle, Schiffshalter und dergleichen [illegible]

ren immer zur Klasse der Langpfähle. Hier sollen zunächst die pitzpfähle behandelt werden, doch ist sogleich zu bemerken, s diese Benennung nur zur Unterscheidung von den Spund-ählen beibehalten ist, und daher auch von solchen die Rede sein rd, die statt der Spitze mit einer Schneide versehn, oder auch hl ganz stumpf abgeschnitten sind.

Das Material, woraus die Pfähle bestehn, ist fast immer Holz d zwar können nach Umständen sehr verschiedene Holzarten dazu nutzt werden. Hauptbedingung ist es, dafs der Stamm, den man rammen will, recht gerade ist, und in dieser Beziehung empfeh- sich vorzugsweise die Nadelhölzer, die man auch am häufigsten wählen pflegt. Das Kiefernholz widersteht wegen der harzigen heile, die es enthält, einer abwechselnden Nässe und Trockenheit d besonders einem dauernden Angriffe des Wassers lange Zeit durch. In dieser Beziehung hat es selbst vor dem Eichenholze rzüge, wie ich dieses namentlich beim Ausziehn der alten Bohl-rkspfähle im Pillauer Hafen sehr deutlich bemerkte. Das Kiefern- hatte, soweit es immer unter Wasser geblieben war, sich gut halten, was beim Eichenholze nicht der Fall war, auf den eichenen ählen war es sogar schwer, die Kette des Wuchtbaumes zu be-stigen. Sobald diese angezogen wurde, drückte sie sich tief in s Holz ein und schnitt häufig den Kopf des Pfahles durch, woge-en das Kiefernholz grofsentheils in so gutem Zustande sich befand, fs es, nachdem es ausgezogen war, noch bei Rüstungen und man-hen leichten Bauten benutzt werden konnte. Beide Sorten von ählen waren aber abwechselnd in früherer Zeit gewählt worden nd mochten durchschnittlich etwa 50 Jahre im Grunde gesteckt aben. Nach der gewöhnlichen Ansicht ist das Eichenholz, wenn immer vom Wasser bedeckt bleibt, vorzugsweise von langer Dauer, ober es zu Rostpfählen häufig angewendet wird, wahrscheinlich lt es sich auch besser, wenn es vollständig ausgewachsen ist, doch irfte dabei die schon oben angedeutete Vorsicht noch besonders empfehlen sein, dafs eine Berührung mit fliefsendem Wasser ver-eden wird, oder dafs die eichenen Pfähle wirklich Grundpfähle sind.

Es fehlt keineswegs an Erfahrungen, welche beweisen, dafs das henholz sich unter Wasser zuweilen sehr lange erhält. So fand n, das eichene Pfähle die in einem Moore bei Lancaster wahr-einlich vor 900 Jahren eingerammt waren, noch ganz gesundes

Holz enthielten *), und als man einen Pfahl aus der Brück Trajan unterhalb Belgrad erbaut hatte, am Ende des vorige hunderts auszog, so ergab es sich, dafs derselbe im äufse fange etwa auf ½ Zoll Stärke in Chalcedon verwandelt war. findet man zuweilen, dafs das Holz von Schiffen, die vor lan gesunken sind, theilweise überaus fest geworden ist, so d aus einzelnen Stücken Lineale verfertigt, die so schwer und h sogar von derselben schwarzen Farbe wie Ebenholz sind. kommt andrerseits auch wieder der Fall vor, dafs alte Schiff die aus Eichenholz bestehn, und immer unter Wasser gelegen sogar durch die Baggereimer zerschnitten werden. Beide Fä in der Nähe des Pillauer Hafens vorgekommen.

In England wählt man zu Rostpfählen gemeinhin Buch doch auch das Ellernholz hat seiner geringeren Festigkeit unc wenn es vom Wasser immer bedeckt geblieben, sich als sehr haft gezeigt. Aufserdem wird man keinen Anstand nehmen andre Holzart, wenn dieselbe in passenden Stämmen und b beschaffen ist, zu Pfählen zu gebrauchen, und nur diejenige tungen, welche besonders weich sind, wie Weiden und P wird man ausschliefsen müssen. Endlich ist zu erwähnen, d auch gufseiserne Spitzpfähle zuweilen statt der hölzernen v det hat, dieses ist indessen bei Rosten wohl nur selten vor men, vielmehr vorzugsweise bei Bohlwerken, wovon später d sein wird.

Was die Stärke der Pfähle betrifft, so pflegt man selb meinhin von ihrer Länge abhängig zu machen. Perronet sag die Pfähle bei 15 bis 18 Fufs Länge eine mittlere Stärke Zoll erhalten und letztere auf jede folgende 6 Fufs um 2 Z nehmen mufs, doch bemerkt er, dafs für lange Pfähle, die g theils im Grunde stecken und die sonach am Biegen und B verhindert werden, es genügt, wenn man auf jede 6 Fufs der (über jene ersten 18 Fufs) die mittlere Stärke um 1 Zoll w läfst, woher z. B. ein 30 Fufs langer Pfahl nur 12 Zoll s Stärke erhalten, oder derselbe am Stammende 14 und am S ende 10 Zoll messen darf. Es ist klar, dafs man bei sehr l Pfählen von dieser Regel abweichen mufs, auch bedingen di

*) *The Civil Engineer and Architect's Journal. II. p.* 30.

ift eine gröfsere oder mindere Stärke. Steckt der Pfahl seiner Länge nach in festem Boden, woselbst er sich nicht biegen) wird eine geringe Stärke schon ausreichen, um grofse :u tragen, steht dagegen ein bedeutender Theil desselben entanz frei oder in loser Erde, so mufs er solchen Querschnitt dafs seine rückwirkende oder auch seine relative Festigkeit auf wirkenden Kräften entspricht. Am wenigsten ist der es Pfahles zu besorgen, wenn der Druck, den er erfährt, ın in seiner Längenrichtung trifft. Ist dieses, wie etwa bei ken, nicht möglich, so lassen sich die Pfähle durch Veranoder in andrer Weise noch unterstützen, wovon §. 34 schon ə war.

erforderliche Stärke der Spitzpfähle läfst sich nach den ən Gesetzen und Erfahrungen über die Festigkeit des Holzes ı Falle leicht ermitteln, wenn die Bodenart genau bekannt relche sie eingetrieben werden sollen. Man pflegt aber über aafs weit hinauszugehn, und solche Vorsicht rechtfertigt sich sofern das Holz leicht leidet oder wenn es mit fliefsendem dauernd in Berührung bleibt, sogar mit der Zeit in seiner he vollständig verzehrt wird. In England und Frankreich et man ziemlich allgemein zu den Rostpfählen schwächere als bei uns.

Pfähle müssen, ehe man sie setzt, von der Rinde entblöfst Dieses ist schon nöthig, um die Reibung beim Einramglichst zu mäfsigen, denn die rauhe Rinde verhindert das gen des Pfahles, ohne die Stärke und Tragfähigkeit desselvergröfsern. Am passendsten ist es, die Rinde gleich nach llen, oder wenigstens sobald das Holz angeliefert ist, abzuweil man dadurch das Austrocknen befördert und zugleich ert, dafs die Säfte in dem frischen Holze nicht in Fäulnifs ı und das Holz verderben. Aufserdem leiden diejenigen , welche lange unter der Rinde liegen, auch von dem Wurme, ch bald stirbt, wenn das Holz dem Zutritt der Luft freigeird. Das Entfernen des Splintes von den Pfählen ist nicht denn wenn derselbe auch nur eine geringere Festigkeit hat, ehrt er doch immer noch einigermaafsen die Tragfähigkeit hles, und besonders wichtig ist es, dafs er den Kern vor ı Beschädigungen schützt. Nach den Untersuchungen, die

Buffon über die Festigkeit des Splintes im Vergleiche zu der innern Holzes von demselben Eichenstamme anstellte, ergab nur die Differenz von etwa ein Fünfzehntel, was mit dem Unschiede des specifischen Gewichtes beider übereinstimmt. Hier würde man den Pfahl schon bedeutend schwächen, wenn man Splint beseitigen wollte. Es ist freilich nicht in Abrede zu dafs letzterer um Vieles vergänglicher ist, aber selbst in Falle verhindert er noch immer die unmittelbare Berührung Wassers mit dem festeren Kern.

Das scharfkantige Beschlagen der Spitzpfähle und lich der Rostpfähle läfst sich eben so wenig rechtfertigen. manchen Orten ist man freilich zur Anwendung von Ballgezwungen, indem nur solches zu haben ist, so ist z. B. das feste Polnische Kiefernholz, welches die Weichsel herabgeflößt und das sich durch die feinen Jahresringe augenfällig von deutschen Kiefernholze unterscheidet, jedesmal schon roh beschl Andererseits ist der Ankauf von beschlagenem Holze auch insofern weilen zu empfehlen, als die Güte des Stammes sich alsdann ter erkennen läfst. Wenn man jedoch Rundholz angekauft hat, kein Grund vorhanden, dieses vor dem Einrammen noch beschlazu lassen, wenn die Pfähle nicht vielleicht zum Theil sichtbar bleiben und man dem Bau ein regelmäfsiges Ansehn geben will.

Sehr wichtig ist die Bestimmung der erforderlichen Länge d Pfähle. Bei Bohlwerkspfählen hat dieses keine Schwierigkeit, dem solche nicht stark belastet werden und daher ein späteres E dringen bei ihnen nicht zu besorgen ist, wenn sie auch nicht bes ders fest eingerammt sind. Bei den Rostpfählen dagegen tritt, wie reits erwähnt worden, entweder die Bedingung ein, dafs sie den fe Untergrund erreichen und sonach die Last des Baues auf die übertragen sollen, oder sie müssen, wenn der Boden mehr gle förmig ist, so tief eingerammt werden, dafs die Reibung, welche von der umgebenden Erde erfahren, ihnen die nöthige Tragfähig giebt. In beiden Fällen werden sie so lange herabgetrieben, sie noch leicht eindringen, und nur, wenn sie bei der Hitze unter dem Schlage des durch die Maschine gehobenen Rammklo nur noch um einige Linien sich senken, pflegt man sie als fes hend zu betrachten und ihnen die erforderliche Tragfähigkeit zumessen. Die Schwierigkeit besteht darin, vorher zu wisse

lcher Tiefe sie diesen festen Stand erreichen werden. Sind sie lang, so werden dadurch nicht nur unnöthiger Weise die Kosten den Ankauf des Holzes vermehrt, sondern die Arbeit des Setzens r Pfähle wird auch schwieriger und man mufs vielleicht höhere Ram- n gebrauchen. Noch gröfser ist aber der Uebelstand, wenn die Pfähle kurz sind und während ihr Kopf den vorher bestimmten Horizont s Rostes schon erreicht, noch mit Leichtigkeit eindringen. Man ss, wenn man in diesem Falle sicher gehn will, die Arbeit unterbre- en und längere Pfähle herbeischaffen, doch zuweilen pflegt man auch, nn dieses nicht thunlich ist, die Anzahl der Pfähle zu vermehren d sonach die Belastung jedes einzelnen zu ermäfsigen. Endlich er stellt man auch auf einen solchen Pfahl, der schon ganz in n Boden eingedrungen ist, ohne einen festen Stand angenommen haben, noch einen zweiten auf; man nennt dieses das Auf- ropfen der Pfähle. Ein solches Verfahren ist bei einzelnen Pfäh- wohl zulässig, aber es darf nicht bei mehreren neben einander kommen, weil alsdann die Gefahr eintritt, dafs der Theil des stes, der darauf ruht, seitwärts umfallen möchte. Dazu kommt h noch, dafs durch ein solches Aufpfropfen der Effect des Schla- der Ramme sehr geschwächt wird und sonach ein andres Maafs r das Minimum des Eindringens während einer Hitze eingeführt den mufs. Perronet erzählt, dafs beim Bau der Brücke zu Or- s manche Pfähle sogar zweimal gepfropft werden mufsten, doch it er, dafs sie alsdann einen hinreichend festen Stand wirklich chten.

Die Art, wie bei diesem Brückenbau die Pfähle verbunden len, ist Figur 196 dargestellt, es wurden nämlich auf eine ;e, welche dem doppelten Durchmesser des Pfahles gleich zwei Prismen sowohl aus dem untern Pfahle, als dem ı ausgeschnitten, von denen jedes einen Quadrant des Quer- ttes zur Grundfläche hatte. Auf solche Art griffen beide le in einander und wurden in dieser Verbindung noch durch eingelassene Zugbänder zusammengehalten, die jedoch über iufsere Fläche nicht vortraten, also weder verschoben werden ten, noch auch die Reibung verstärkten. Man darf indessen erwarten, dafs ein in solcher Weise zusammengesetzter Pfahl ieser Stelle dieselbe Steifigkeit besitzt, als wenn er aus einem ce bestände. Solches läfst sich überhaupt in keiner Weise er-

reichen, und es bleibt daher nur übrig, dafür zu sorge
beiden Enden der Pfähle sicher auf einander treffen
etwa bei den starken Erschütterungen sich gegenseitig
Der Schlag des Klotzes wird aber um so vollständiger
tern Theil übertragen, je gröfser die berührenden Fläche
daher empfiehlt es sich, beide Theile stumpf abzuschn
diesem Grunde dürfte ein in die Achse des untern Pf
triebener starker eiserner Dorn, der etwa 6 Zoll weit
gebohrtes Loch des obern Pfahles eingreift, besonders z
sein, während fest aufgetriebene Ringe das Spalten des
hindern. Noch vortheilhafter ist es, diese beiden Ring
höheren Cylinder zu verbinden, der beide Enden umfafst.
wird alsdann entbehrlich, aber man mufs dafür sorgen, d
weder aufwärts noch abwärts gleiten kann, wodurch die
ständig getrennt würden. Zu diesem Zwecke versieht m
in der Mitte mit einer Bodenplatte, auf welche beide P
sich aufstellen. Dergleichen eiserne Schuhe, und zwar a
bestehend, hatte man vielfach zu diesem Zwecke in En
wendet. Fig. 216 *a* und *b* auf Taf. XVI zeigt einen
Durchschnitt und in der Seitenansicht. Beim Umbau d
belle croix zu Nantes über die Loire wurden dieselben
vernietheten Blechen dargestellt, dabei aber zugleich de
der angebracht, der durch die Mittelplatte hindurchreic

Wenn ein in dieser Weise verlängerter Pfahl sich
Richtung des Druckes befindet, den er auf das unter
Pfahles überträgt, so kann er von dem umgebenden Er
gehörig gehalten werden. Er neigt sich alsdann seitwä
derselben Art, als wenn er an dieser Stelle mit ein
versehn wäre.

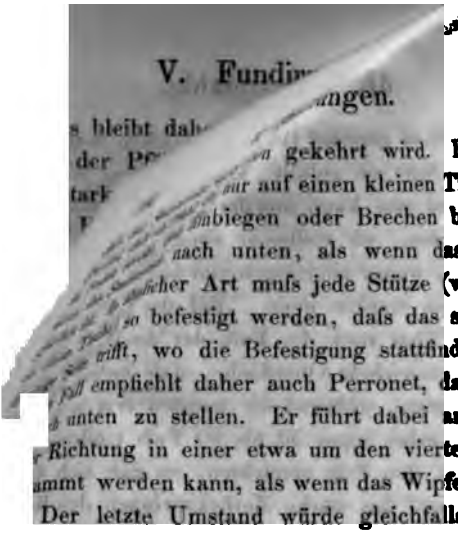
Um diesen Zufälligkeiten begegnen und beim Ankau
schon deren Länge sicher beurtheilen zu können, ist
Untersuchung des Grundes nothwendig. Befindet
Tiefe, die mit dem Pfahle erreicht werden kann, eine d
Schicht, oder streicht etwa hier ein Felslager darunter
sich dieses durch das Bohren, oder durch den Gebrau
direisens sicher zu erkennen, es bleibt aber noch zw

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1865. *I. pag.* 41.

e Schicht überall in gleicher Höhe liegt, oder in welcher Neigung
d nach welcher Seite sie abfällt. Man muſs sonach mehrere Stel-
n untersuchen und man kann aus der Uebereinstimmung der Tiefe
ch darauf schlieſsen, ob vielleicht einzelne Klüfte im Gesteine
nd, wo die Pfähle weiter eindringen und daher eine gröſsere Länge
r sie angenommen werden muſs. Bei der Brücke zu Orleans
nd dieses in der That statt, der Tuff, der den Untergrund bildete,
gte eine so abwechselnde Oberfläche, daſs mehrere Pfähle sehr
ld zum Stehn kamen, während die meisten erst in 30 Fuſs Tiefe
standen und einzelne sogar 50 bis 60 Fuſs eindrangen. Sobald
Pfähle wirklich den Fels erreichten, so gab sich dieses durch
n hellen Klang und das starke Zurückspringen des Rammklotzes
erkennen.

Wenn dagegen keine scharfe Begrenzung zwischen dem losen
dem festen Grunde stattfindet, oder auch die Pfähle immer
weichen Boden bleiben und nur durch die vermehrte Reibung
n tieferen Eindringen endlich einen festen Stand annehmen, so
sich durch die angedeutete Untersuchung nicht mehr mit hin-
hender Sicherheit auf die erforderliche Länge der Pfähle schlie-
, und es bleibt alsdann nur übrig, beim Entwerfen des Projec-
und ehe das Holz angekauft wird, eine Ramme aufzustellen und
ge Pfähle zur Probe einzutreiben. Dieses Mittel ist zwar um-
dlich, man darf es indessen nicht umgehn, wenn man spätern
egenheiten vorbeugen will, und wenn man einmal eine solche
e einleitet, so muſs man dieselbe auch an verschiedenen Punk-
der Baustelle wiederholen, um sich zu überzeugen, ob überall
fähr eine gleiche Länge für die Pfähle erforderlich ist, denn
im losen aufgeschwemmten Boden zeigen sich zuweilen in ge-
n Abständen schon merkbare Verschiedenheiten. Endlich wäre
zu erinnern, daſs man der Sicherheit wegen lieber die Pfähle
, zu lang, als zu kurz zu wählen pflegt, denn die Vermehrung
Kosten ist im ersten Falle geringer, als im letzten, und man
ht dadurch mit einiger Sicherheit den Unterbrechungen der
it, welche bei Fundirungen überaus nachtheilig sind, und leicht
ılassung sein können, daſs die beschränkte Dauer eines gün-
n Wasserstandes unbenutzt vorübergehn muſs.

Ferner ist hier die Frage zu berühren, ob man die Pfähle in
Richtung einrammen soll, wie sie gewachsen sind, oder so,



V. Fundi[illegible]ngen.

s bleibt dah[illegible] der P[illegible] gekehrt wird. Es leidet h
tark [illegible] nur auf einen kleinen Theil seiner
[illegible] umbiegen oder Brechen besser wid
nach unten, als wenn dasselbe nac
[illegible]licher Art muſs jede Stütze (wie z. B. d
[illegible] so befestigt werden, daſs das stärkere E
[illegible] trifft, wo die Befestigung stattfindet. Für
[illegible] empfiehlt daher auch Perronet, das Stamm
[illegible] unten zu stellen. Er führt dabei an, daſs d
Richtung in einer etwa um den vierten Theil
[illegible]mmt werden kann, als wenn das Wipfelende ab
Der letzte Umstand würde gleichfalls dafür
Anordnung zu wählen, und man hat auch sonst
Eindringen des Pfahles hierbei Anfangs zwar et
[illegible]der wenn er weiter herabgekommen ist, merklich
als im entgegengesetzten Falle. Dieses erklärt sich
[illegible] Spitze eine weitere Oeffnung bildet und der dünn
Pfahles, welcher derselben folgt, weniger Widersta
[illegible] ähnlicher Art wie man den Futterröhren bei Artesischen
auch einen auswärts vortretenden Schuh giebt, um den D
die Reibung auf die Röhre selbst zu vermindern. Man
lessen hierbei befürchten, daſs in demselben Maaſse,
Schläge des Rammklotzes wirksamer werden, auch ein E
unter einer starken Belastung um so leichter erfolgen ka
kommt dazu noch der Umstand, daſs im Allgemeinen da
gen des Pfahles, während er eingerammt wird, durch die
ion des Bodens erschwert wird, die nicht dauernd ist.
eugt sich hiervon durch die bekannte Erfahrung, daſs
Pause von mehreren Arbeitsstunden die Pfähle gewöhnl
merklich besser ziehn, als vorher geschah. Indem nun
lessen Stammende abwärts gerichtet ist, eine solche Co
nur vor seiner Spitze erzeugt, so wird er nach der erfo
gleichung des Druckes weniger fest stehn, als wenn er
ganze Länge einen gehörigen Druck erleidet und hier
Reibung ihn zurückhält. Man hat keine directen Versuche
wodurch diese Ansicht sicher bestätigt oder widerlegt w
sie wird ziemlich allgemein getheilt, und das gewöhnliche
st auch dieses, daſs man das Wipfelende des Pfahles

ıme davon macht man nur in dem Falle, wenn
ıe durch Eis besorgt wird, wie dieses bei den
. Brücke und bei Eisbrechern besonders vorkommt.
.e Umstand ist in dieser Beziehung aber wohl der, den
ıet anführt, dafs man besonders dafür sorgen mufs, das
de des Pfahles an diejenige Stelle zu bringen, wo der
riff des Wassers stattfindet oder andere Beschädigungen
. Bei Bohlwerks- und Brückenpfählen ereignen sich
Beschädigungen durch Fäulnifs und durch den Eisgang
iedrigen Wasserstande. Trifft diese Stelle über die Mitte
, was gemeinhin der Fall ist, so mufs das Wipfelende
gekehrt werden. Alsdann werden nämlich solche un-
e Beschädigungen weniger nachtheilig, als wenn der Pfahl
gestellt wäre. Auch bei Rostpfählen findet etwas Aehn-
weil die Angriffe durch Fäulnifs oder durch fliefsendes
gröfserer Tiefe weniger zu besorgen sind.

stpfähle wie alle Pfähle, die nicht in geschlossener Reihe
ıt man an den untern Enden mit Spitzen zu versehn,
ınter den Rammschlägen um so leichter in den Boden
Man dürfte freilich vermuthen, dafs in gleichem Maafse,
itze das Einrammen erleichtert, sie auch Veranlassung
der Pfahl bei der spätern Belastung nur einem gerin-
ke widersteht, und früher die Senkung des Gebäudes
ıls wenn er unten stumpf abgeschnitten wäre. Eine be-
ıarfe Zuspitzung mufs man unbedingt vermeiden, weil
eicht beschädigt wird, auch wohl abbricht. Dafs durch
Rammarbeit aber keineswegs erleichtert wird, davon hatte
ırch mehrfache Versuche vollständig überzeugt, obwohl
leute stets das Gegentheil behaupten.

mir bekannt, sind niemals entscheidende Versuche dar-
ellt worden, ob die Spitze wirklich das Eindringen des
eichtert. Unbedingt findet dieses wohl bei den ersten
tatt, wenn der Pfahl aber tiefer herabgetrieben ist, so
las vergleichungsweise nur überaus geringe Eindringen
nter jedem Schlage des Rammklotzes nur durch die sehr
bung erklären, dem seine Seitenwand ausgesetzt ist.
äfsigem Boden, wie solcher oft vorkommt, mufs die Spitze
dringen der tiefern Schichten eben so wirksam sein, wie

dafs das Stammende nach oben gekehrt wird. Es leide
Zweifel, dafs ein Pfahl, der nur auf einen kleinen Theil sein
im Boden steckt, dem Einbiegen oder Brechen besser wi
wenn das Stammende nach unten, als wenn dasselbe n
gekehrt ist. In ähnlicher Art mufs jede Stütze (wie z. B.
an einem Tische) so befestigt werden, dafs das stärkere
diejenige Seite trifft, wo die Befestigung stattfindet. Für
gegebenen Fall empfiehlt daher auch Perronet, das Stamm
Pfahles nach unten zu stellen. Er führt dabei an, dafs
bei solcher Richtung in einer etwa um den vierten Theil
Zeit eingerammt werden kann, als wenn das Wipfelende ab
kehrt ist. Der letzte Umstand würde gleichfalls dafür
die erste Anordnung zu wählen, und man hat auch sonst
dafs das Eindringen des Pfahles hierbei Anfangs zwar etw
samer, aber wenn er weiter herabgekommen ist, merklich
erfolgt, als im entgegengesetzten Falle. Dieses erklärt sich
dafs die Spitze eine weitere Oeffnung bildet und der dünn
des Pfahles, welcher derselben folgt, weniger Widerstan
in ähnlicher Art wie man den Futterröhren bei Artesischen
auch einen auswärts vortretenden Schuh giebt, um den Dr
die Reibung auf die Röhre selbst zu vermindern. Man
dessen hierbei befürchten, dafs in demselben Maafse,
Schläge des Rammklotzes wirksamer werden, auch ein E
unter einer starken Belastung um so leichter erfolgen kan
kommt dazu noch der Umstand, dafs im Allgemeinen das
gen des Pfahles, während er eingerammt wird, durch die
sion des Bodens erschwert wird, die nicht dauernd ist. M
zeugt sich hiervon durch die bekannte Erfahrung, dafs n
Pause von mehreren Arbeitsstunden die Pfähle gewöhnli
merklich besser ziehn, als vorher geschah. Indem nun
dessen Stammende abwärts gerichtet ist, eine solche Co
nur vor seiner Spitze erzeugt, so wird er nach der erfol
gleichung des Druckes weniger fest stehn, als wenn er
ganze Länge einen gehörigen Druck erleidet und hier d
Reibung ihn zurückhält. Man hat keine directen Versuche
wodurch diese Ansicht sicher bestätigt oder widerlegt w
sie wird ziemlich allgemein getheilt, und das gewöhnliche
ist auch dieses, dafs man das Wipfelende des Pfahles n

Eine Ausnahme davon macht man nur in dem Falle, wenn
eben der Pfähle durch Eis besorgt wird, wie dieses bei den
fählen einer Brücke und bei Eisbrechern besonders vorkommt.
richtigste Umstand ist in dieser Beziehung aber wohl der, den
Perronet anführt, dafs man besonders dafür sorgen mufs, das
ere Ende des Pfahles an diejenige Stelle zu bringen, wo der
e Angriff des Wassers stattfindet oder andere Beschädigungen
mmen. Bei Bohlwerks- und Brückenpfählen ereignen sich
eisten Beschädigungen durch Fäulnifs und durch den Eisgang
dem niedrigen Wasserstande. Trifft diese Stelle über die Mitte
Pfahles, was gemeinhin der Fall ist, so mufs das Wipfelende
unten gekehrt werden. Alsdann werden nämlich solche un-
eidliche Beschädigungen weniger nachtheilig, als wenn der Pfahl
kehrt gestellt wäre. Auch bei Rostpfählen findet etwas Aehn-
s statt, weil die Angriffe durch Fäulnifs oder durch fliefsendes
ser in gröfserer Tiefe weniger zu besorgen sind.

Die Rostpfähle wie alle Pfähle, die nicht in geschlossener Reihe
, pflegt man an den untern Enden mit Spitzen zu versehn,
t sie unter den Rammschlägen um so leichter in den Boden
ingen. Man dürfte freilich vermuthen, dafs in gleichem Maafse,
die Spitze das Einrammen erleichtert, sie auch Veranlassung
, dafs der Pfahl bei der spätern Belastung nur einem gerin-
Drucke widersteht, und früher die Senkung des Gebäudes
lafst, als wenn er unten stumpf abgeschnitten wäre. Eine be-
rs scharfe Zuspitzung mufs man unbedingt vermeiden, weil
e zu leicht beschädigt wird, auch wohl abbricht. Dafs durch
die Rammarbeit aber keineswegs erleichtert wird, davon hatte
ich durch mehrfache Versuche vollständig überzeugt, obwohl
immerleute stets das Gegentheil behaupten.

Soviel mir bekannt, sind niemals entscheidende Versuche dar-
angestellt worden, ob die Spitze wirklich das Eindringen des
es erleichtert. Unbedingt findet dieses wohl bei den ersten
gen statt, wenn der Pfahl aber tiefer herabgetrieben ist, so
sich das vergleichungsweise nur überaus geringe Eindringen
ben unter jedem Schlage des Rammklotzes nur durch die sehr
e Reibung erklären, dem seine Seitenwand ausgesetzt ist.
leichmäfsigem Boden, wie solcher oft vorkommt, mufs die Spitze
Durchdringen der tiefern Schichten eben so wirksam sein, wie

in den obern, sie scheint aber hier der starken Seitenreibung gegenüber allen Einfluſs zu verlieren. Die Spitze drängt die Erde, auf welche sie trifft, unmittelbar zur Seite, veranlaſst also hier eine stärkere Compression, die wahrscheinlich die Reibung vermehrt. Aus diesem Grunde versieht man Spundpfähle und andre Pfähle, die eine geschlossene Wand bilden sollen, nicht mit Spitzen, sondern mit Schneiden. Letztere drängen nämlich die Erde nicht an die Stelle, wo der nächste Pfahl gesetzt werden soll, sondern vor und hinter die Wand. In welcher Richtung ein Pfahl, der stumpf abgeschnitten ist, die Erde fortschiebt, läſst sich freilich nicht bestimmt beantworten, aber es ist wahrscheinlich, daſs er in seiner unmittelbaren Nähe nicht eine so starke Compression veranlaſst, und sonach wäre zu vermuthen, daſs wenn er so tief eingedrungen ist, daſs der zu überwindende Widerstand beinahe ausschlieſslich nur von der Seiten-Reibung herrührt, diese etwas geringer sein dürfte, als wenn er mit einer Spitze versehn wäre.

Der vorstehend angeregte Zweifel findet einigermaaſsen Bestätigung in der Mittheilung*), daſs bei dem Bau einer Brücke die mit einer Spitze versehenen Rostpfähle im Verhältnisse von 9 zu 7 langsamer eindrangen, als wenn man ihnen eine schneidenförmige Zuschärfung gegeben hatte. Der für diese Erscheinung daselbst angegebene Grund ist wohl nicht richtig, aber es schien mir doch angemessen, durch Versuche, wenn auch nur in kleinem Maaſsstabe zu prüfen, welchen Einfluſs die Form der Spitze auf das Eindringen des Pfahles hat.

Zu diesem Zwecke schnitt ich mit einer Kreissäge kleine prismatische Stäbchen aus hartem, geradefasrigem Holze von gleichem quadratischen Querschnitt aus, und versah sie mit verschiedenen Spitzen oder Schneiden, während einige derselben stumpf abgeschnitten waren. Die Seiten der Querschnitte maſsen 0,27 Zoll, und die Länge der Pfähle betrug 7 Zoll. Jeder derselben war an dem der Spitze gegenüber befindlichen Ende in der Richtung der Achse mit einem Bohrloche versehn, worin ein etwas zugeschärfter Stahldraht paſste. Dieser diente theils zur lothrechten Führung des Stabes, indem er durch eine Oeffnung einer festen Metallplatte gezogen war, theils aber führte er auch den kleinen bleiernen Rammklotz, der

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1852. Literatur-Blatt Seite 271.

er Länge nach durchbohrt war und den Draht umfafste. An en Draht befestigte ich aufserdem einen kleinen Cylinder in her Höhe, dafs der Rammklotz dagegen stiefs, so bald er ll hoch gehoben wurde, und endlich trug der Draht am obern e noch einen Zeiger, der neben einem senkrecht aufgestellten fsstabe schwebte und erkennen liefs, wie tief der Pfahl bei je- Schlage eindrang. Die Schläge waren aber constant dieselben, n der Klotz jedesmal 4 Zoll hoch gehoben wurde.

Dieser Apparat wurde bei verschiedenen Sandschüttungen ver- t, doch trat dabei die schon früher erwähnte grofse Schwierig- hervor, die Schüttungen jedesmal möglichst gleichmäfsig darzu- n, und hieraus erklären sich die vielfachen Unregelmäfsigkeiten Resultate. Um die verschiedenen Pfahlspitzen bei derselben üttung vergleichen zu können, benutze ich ein cylindrisches Blech- fs von 9 Zoll Weite und 6 Zoll Höhe, worin sich 4 Pfähle im nseitigen Abstande von 4 Zoll eintreiben liefsen, also nicht zu rgen war, dafs die Schüttung, welche ein neuer Pfahl durch- g, schon durch das Eintreiben der früheren verändert sei. Die lchen wurden aber jedesmal nur so tief eingeschlagen, dafs ihre rn Enden noch etwa 1 Zoll vom Boden entfernt blieben.

Bezeichne ich mit *A* den stumpf abgeschnittenen Pfahl, mit *B* enigen dessen pyramidale Spitze 0,3 und mit *C* denjenigen, des- Spitze 0,6 Zoll lang ist, so betrug die Einsenkung in den letz- Schlägen, wenn also die Pfähle beinahe die volle Tiefe erreicht en und ein gleichmäfsiges Eindringen sich einstellte:

) bei trocknem Sande der möglichst vorsichtig, und zwar mit sehr geringer Fallhöhe eingeschüttet war, wobei sich also die lockerste Ablagerung bildete

A . . . . 0,127 Zoll
B . . . . 0,133 „
C . . . . 0,116 „

) bei trocknem, schichtenweise mäfsig angestampften Sande

A . . . . 0,043 Zoll
B . . . . 0,044 „
C . . . . 0,055 „

) bei trocknem Sande, der durch vielfaches Einstofsen eines halb- zölligen Drahtes eine möglichst dichte Ablagerung angenom- men hatte

A . . . . 0,040 Zoll
B . . . . 0,033 „
C . . . . 0,034 „

4) bei feuchtem Sande, dem jedoch nur so wenig Wasser zugesetzt war, dafs er so eben mit der Hand sich zu Klumpen formen liefs. Bei diesem Gemenge war es am schwierigsten, eine gleichmäfsige Ablagerung zu bilden, wie sich aus den sehr verschiedenartigen Eindringen jedes einzelnen Pfählchen zu erkennen gab. Die beste Methode war noch diese, dafs ich sehr dünne Schichten von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Höhe einbrachte und jede derselben durch sanftes Aufsetzen eines 4 Pfund schweren Gewichtstückes an allen Stellen comprimirte. Hiernach ergab sich

A 0,159
B 0,208
C 0,131

Wenn man aus diesen Beobachtungen, welche wegen der ungleichmäfsigen Ablagerungen des Sandes sehr auffallende Unterschiede unter sich zeigen, einen Schlufs ziehn kann, so ergiebt sich, dafs das Eindringen des Pfahles unter gleichen Rammschlägen nahe dasselbe bleibt, wenn der Pfahl mit einer langen, oder mit einer kurzen Spitze versehn oder stumpf abgeschnitten ist. Einen Unterschied zwischen der Spitze und der Schneide konnte ich eben so wenig mit Sicherheit bemerken. Augenscheinlich hatte aber die scharfe Spitze oder Schneide auf das erste Eindringen wesentlichen Einflufs und beförderte dieses in hohem Grade, doch nur bis die Pfählchen etwa 2 Zoll tief eingedrungen waren, also die Reibung die sie seitwärts erfuhren, den Haupt-Widerstand bildete, der überwunden werden mufste.

Indem mittelst des beschriebenen Apparates das Eindringen der Pfählchen unter den ganz gleichen Schlägen sich messen, und die Verminderung der Bewegung bei der tieferen Stellung des Pfahls sich leicht wahrnehmen liefs, so versuchte ich noch aus den regelmäfsigsten Beobachtungs-Reihen die Beziehung zwischen der Tiefe zu welcher der Pfahl bereits eingedrungen war, und der Einsenkung τ bei jedem Schlage festzustellen.

Die einfachste Form des zum Grunde zu legenden Gesetzes schien diese zu sein

$$\tau = \frac{n}{s^x}$$

[illegible] in x einen noch unbekannten Exponenten und n eine Constante [illegible]eutet. Die wahrscheinlichsten Werthe von x stellten sich aus [illegible] einzelnen Reihen ziemlich verschieden heraus und schwankten [illegible] zwischen 0,6 und 1,5. Die gröfsten Abweichungen wurden [illegible] jedesmal beim ersten Schlage bemerkt, dessen Wirkung auch [illegible] wenigsten sicher gemessen werden konnte. Bei den zugespitzten Pfählen war überdiefs der anfängliche sehr bedeutende Einfluſs [illegible] Spitze nicht zu beseitigen, woher ich dieser Untersuchung allein [illegible] stumpf abgeschnittenen Stäbe zum Grunde legen durfte. Hiernach [illegible]ab sich der Exponent ungefähr gleich 1, so dafs für jede Reihe [illegible] Product $s\,e$ eine constante Zahl bildete. Der Werth derselben [illegible] n ergab sich für verschiedene Schüttungen trocknen Sandes [illegible] bei den gewählten Dimensionen der Pfählchen und des Rammklotzes:

1) bei möglichst loser Schüttung

$$n = 0{,}783$$

2) wenn der Sand etwa 6 Zoll tief herabgefallen war, sich also etwas fester abgelagert hatte

$$n = 0{,}622$$

3) bei schichtenweiser Anschüttung und jedesmaligem sanften Andrücken des trocknen Sandes

$$n = 0{,}261$$

4) nach vielfachem Einstofsen eines starken Drahtes

$$n = 0{,}211$$

In welcher Beziehung diese Constanten mit dem Drucke stehn, unter dem die Pfähle weiter herabsinken, soll im folgenden Paragraph untersucht werden, so wie alsdann auch davon die Rede sein wird, wie man die mechanischen Verhältnisse beim Eindringen der Pfähle in den Boden aufzufassen pflegt. Hier mag nur ein Umstand erwähnt werden, der von grofsem Einflusse ist und auf den auch Weisbach und Whewell aufmerksam gemacht haben. Er betrifft die Beschaffenheit des Holzes sowol in den Pfählen, als in den Rammklötzen. Die Wirkung des Schlages äufsert sich am vollständigsten, wenn beide Körper möglichst hart sind, in dem entgegengesetzten Falle wird ein Theil der ausgeübten Kraft auf die Lösung und Biegung der Fasern verwendet. Zum Theil läfst sich eine solche Schwächung nicht vermeiden und namentlich in der vom Schlage getroffenen Oberfläche des Pfahles. Hierauf beruht die §. 35 bereits

erwähnte Erfahrung, dafs dieselben Schläge auffallend weni
sam werden, sobald der Klotz nicht mehr unmittelbar d
trifft, vielmehr ein Aufsetzer oder Knecht dazwischen ge
Noch auffallender schwächt sich die Wirkung, wenn in de
holz, auf welches der Klotz fällt, die Fasern sich trennen
legen und oft ein dickes Polster bilden, das man mögli
entfernen mufs. Es begründet sich hierdurch die Regel, d
nur gesundes und kräftiges Holz zu Rammarbeiten verwen
Ist dieses der Fall, so hört man den Klotz scharf aufschl
sieht auch wohl, wie er nach dem Schlage von selbst sic
etwas erhebt.

Wenn man die Pfähle mit Spitzen versieht, so ist
darauf zu achten, dafs diese weder selbst zu scharf, noch
die Kanten zwischen ihren Seitenflächen zu schwach wer
in diesem Falle brechen und spalten die dünnen Holztheile
indem dadurch die noch übrigbleibende Spitze mehr nach e
gerichtet werden kann, als nach der andern, so dringt
schräge ein und erfährt überdies einen gröfseren Widerst
denfalls genügt es, der Spitze den doppelten Durchmesser
les zur Länge zu geben, wie dieses auch gewöhnlich
häufig mifst diese Länge sogar nur das Ein- und Einhalb
Durchmessers, oder noch weniger. Aufserdem mufs das äuf
der Spitze noch abgestumpft und in eine flache Pyramid
delt werden. Die Spitze wird mit quadratischem Quersch
in Form einer vierseitigen Pyramide zugeschnitten, wie
zeigt. Sie läfst sich auf diese Art am leichtesten abschn
bearbeiten, und die Seitenflächen treffen dabei unter einem
Winkel gegen einander. Man giebt zuweilen auch der
Form einer dreiseitigen Pyramide, und zwar um das I
Pfahles zu verhindern, doch wird dadurch eine Beschädig
ter möglich, weil alsdann die Seitenflächen unter spitzen
zusammenstofsen.

Um die Beschädigung der Pfahlspitzen beim Einra
mentlich in festem Boden zu verhindern, hatte man früher,
ronet erwähnt, die Methode, die Pfähle mit ihren Ende
helles Feuer zu legen, so dafs die Spitzen in ihren äufser
sich etwas verkohlten, doch war dieses gewifs nicht
denn wenn man dadurch auch vielleicht das Absplittern

e, so wurde das Ausbrechen um so leichter möglich. Dage-
flegt man häufig die Spitze mit Eisen zu beschlagen oder einen
lschuh darauf anzubringen. Fig. 198 zeigt einen solchen.
steht aus einer eisernen Pyramide, welche die Spitze des Pfah-
ldet, und an diese sind zur Seite vier Federn angeschmiedet,
e auf die Seitenflächen der Pahlspitze mittelst starker Nägel
igt werden. Das Aufbringen der Pfahlschuhe erfordert grofse
lt, weil eine innige Berührung zwischen dem Holz und Eisen
nden mufs. Die Spitze des Pfahles, der mit dem Schuhe ver-
werden soll, darf nicht zugeschärft sein, sondern mufs senk-
abgeschnitten werden, so dafs sich eine quadratische Grund-
von 4 bis 9 Quadratzoll bildet. Eine eben so grofse und
ebene Fläche mufs der Pfahlschuh enthalten, damit ihn der
: und der Stofs des Pfahles gleichmäfsig trifft. Wenn man
esen Umstand nicht aufmerksam ist und vielmehr die Verbin-
nur durch die Federn und Nägel darstellen will, so bildet sich
ein ungleichmäfsiger Widerstand und der Pfahlschuh verschiebt
Bei der grofsen Anzahl alter Pfähle, die ich am Pillauer Hafen
hn liefs, waren diejenigen, welche vor dem sogenannten hohen
erke steckten, sämmtlich mit Pfahlschuhen versehn, aber kaum
zehnten Theile derselben safs der Schuh noch in der Achse
fahles. Fast jedesmal hatte er sich seitwärts geneigt und
war er normal gegen den Pfahl gerichtet, oder er hatte sich
aufrecht gekehrt, indem alle Federn bis auf eine abgebrochen
. Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs der Schuh, sobald
h schief stellt, das Eindringen des Pfahles mehr erschwert,
eichtert, also seinen Zweck ganz verfehlt, und sogar höchst
eilig wirkt.

an mufs sonach dem Schuh eine sichere Befestigung geben,
larf derselbe nicht heifs aufgebracht werden, weil dadurch jene
, auf welcher der Pfahl ruht, verkohlt und sonach die unmit-
: Berührung des festen Holzes mit dem Eisen verhindert würde.
· ist es nothwendig, dafs der Schuh aus einer hinreichend
ı Eisenmasse besteht, damit jene Berührungsfläche die erfor-
ıusdehnung erhält. Der letzte Umstand war wohl vorzugsweise
assung zur Verschiebung jener in früherer Zeit in Pillau an-
deten Pfahlschuhe, die durchschnittlich nur 5 und zuweilen
nur 3 Pfund wogen. Ein Gewicht von 10 Pfund dürfte das

Minimum sein, was auf jeden Pfahlschuh gerechnet w
sehr häufig ist es aber noch gröfser. So wendete Telf
Fangedämmen des St. Katharine's Docks in London
an, die 16 Pfund wogen. Beim Bau der Brücke zu Neu
Perronet dergleichen von 25 Pfund, und de Cessart wand
der Brücke zu Saumur Pfahlschuhe von 25 bis 30 Pfund an
ist indessen noch das Gewicht der gufseisernen Pfahls
199 *a* und *b* zeigt in der Seitenansicht und im Durchsc
solchen, wie ihn Deschamps angiebt. *) Die ebene Flä
cher sich der Pfahl und der Schuh berühren, hat die
des Pfahles zum Durchmesser, woher das Gewicht des
10 Zoll starken Pfählen schon gegen 50 Pfund beträgt
führt an, dafs er bei einer Kaimauer in Paris dergleich
wenden sehn, die 30 Kilogramme oder 60 Pfund wogen.
nung, die von Batsch mitgetheilt wird, unterscheidet sich
gegebenen dadurch, dafs der Schuh nicht einen Kegel,
vierseitige Pyramide bildet, also auf einen beschlagenen
Diese gufseisernen Schuhe sind statt der Federn mit ei
gebenden Rande versehn und ihre Befestigung im Pf
sie durch einen eingegossenen Dorn aus Schmiedeeisen
haken hat und in den Pfahl eingreift.

In neuster Zeit wendet man in Frankreich vielf
Camuzat angegebenen Pfahlschuhe an. Dieselben beste
pyramidalen oder kegelförmigen Hülse aus Blech von
nien Stärke, die durch einen doppelt übergebogenen R
Form gesichert ist, und deren unteres Ende an einen mas
deeisernen Kegel oder Pyramide angeschweifst ist. Na
ger Bearbeitung der Pfähle werden sie auf diese aufge
dem bereits erwähnten Bau der Brücke la belle Croi
gab man ihnen das Gewicht von 36 Pfund, und bei
Behandlung soll es gelungen sein, sie selbst durch alte
hindurch zu treiben. Dabei war man aber sehr aufmerk
ein starker Widerstand sich zeigte, die Hubhöhe der 1
Pfund schweren Klötze der Kunstrammen zu mäfsigen

*) *Nouvelle Collection de dessins relatifs à l'art de l'Ingénie*
**) Hydrotechnische Wanderungen. Bd. II. S. 39.

ltende schwache Schläge die festen Massen zu durchbrechen, sonst die Pfähle und Schuhe litten. *)

Es entsteht die Frage, ob, und in welchem Falle Pfahlschuhe hwendig sind. Es ist klar, dafs sie in weichem Grunde nichts er nützen können, als dafs sie vielleicht die Reibung an der e des Pfahles etwas mäfsigen, doch ist dieses sehr gleichgültig, der frische Grund, den die Pfahlspitze erreicht, noch keinen ten Druck dagegen ausübt. Die gröfste Reibung findet gegen leitenwände des Pfahles statt, soweit derselbe seine volle Stärke nd hierauf übt der Pfahlschuh augenscheinlich keinen Einfluſs Sein Zweck ist nur, die harten Körper, die in der Richtung Pfahles liegen, zu durchstofsen, oder zur Seite zu drücken. t aber nicht zu bezweifeln, dafs, sobald ein grofser und fester Stein fen wird, derselbe dem Pfahlschuh eben so wenig ausweichen nachgeben kann, als der hölzernen Spitze, und bei festen Holznen, die im Grunde liegen, dürfte wohl dasselbe stattfinden. leibt also ein Vortheil des Schuhes nur noch in dem Falle denkwenn der berührte Körper keinen bedeutenden Widerstand t, wobei aber doch die hölzerne Spitze des Pfahles beschädigt n möchte. Für diesen Fall wäre der Vorzug des Pfahlschuhes immer wesentlich, wenn man sicher wäre, dafs er nicht leidet, seine Stellung nicht verändert, aber eben dieses darf man voraussetzen, da seine Verbindung nie ganz fest ist, und die ührten Erfahrungen auch zeigen, dafs die Nägel leicht nach-, sobald die Tendenz zu einer Verschiebung vorhanden ist. kommt noch, das der Stofs bei der Uebertragung gemäfsigt woher man annehmen kann, dafs in vielen Fällen die unbee Spitze leichter eindringt, als der Pfahlschuh. Bei dem aus m Sande bestehenden Boden in Pillau bestätigte sich diese uthung vollständig: die Pfähle, welche mit keinen Schuhen hn waren, zeigten, wenn ich sie mitunter nach kurzer Zeit n sie etwa vom Eise durchschnitten waren) ausziehn mufste, ings eine rauhe Oberfläche und die Enden der Fasern des Kieolzes hatten offenbar beim Einrammen sich zurückgelegt, auch hin und wieder starke Eindrücke zu bemerken, die wohl vom

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1865. *I. pag.* 40.

Aufstofsen auf harte Körper herrühren mochten, und zuwe
die äufsere Spitze etwas breit geschlagen. Ich konnte
niemals eine solche Beschädigung wahrnehmen, die eine
Erschwerung des Eindringens des Pfahles hätte vermuthe
und aus diesem Grunde prüfte ich durch einen sehr überz
Versuch den Nutzen, den die Pfahlschuhe unter diesen Verh
gewährten. Ich liefs nämlich an derselben Stelle, wo sie bish
angewendet waren, abwechselnd einen Pfahl um den and
versehn und es ergab sich, dafs die Pfähle ohne Schuhe etw
ter eindrangen, als die, welche einen solchen hatten. Es si
auch bei andern Bodenarten, und namentlich bei Kiesbo
mit schwereren Pfahlschuhen ähnliche Versuche gemacht,
ergaben, dafs man durchschnittlich wenigstens keinen U
bemerken konnte. *) Hiernach scheint der Nutzen der Pf
sehr zweifelhaft zu sein, jedenfalls wird er aber nur in
Fällen eintreten, und um ihn zu erreichen, ist die Anwendu
rer und sehr sorgfältig bearbeiteter Schuhe nothwendig, we
ohne bedeutende Kosten zu beschaffen sind.

Bei Ausführung der meisten Bauten fehlt es nach Fe
des Projectes an Gelegenheit, oft aber auch an dem g
len zur Anstellung vergleichender Versuche. Wenn man
gedehnte Rammarbeiten leitet und vorher überzeugt ist,
Anwendung der Pfahlschuhe nothwendig sei, so wird
glücklicher Beendigung des Baues auch jedesmal überz
dafs die Pfahlschuhe von wesentlichem Nutzen gewesen.
treten indessen doch Umstände ein, die ein sicheres Urthe
gestatten. Dazu diente schon jenes Ausziehn der Pfähle
drer Fall dieser Art ereignete sich beim Bau des Viaduct
rascon. Daselbst war eine Pfahlwand noch nicht gegen A
gesichert, als bei einer plötzlichen Anschwellung der E
Grund um dieselbe so tief ausgewaschen wurde, dafs d
ganz entblöfst wurden und an den Holmen hingen. Die
chung ergab, dafs kein einziger Pfahl noch den Schuh

*) Auch bei dem sandigen, mit etwas Lehm gebundenen
Dirschau, worin die Pfähle schwer eindrangen, bemerkte Lent
Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleifses. 18

man ihn vor dem Einrammen versehn hatte, auch dafs viel-
Brüche im Holze vorgekommen waren. *)

Was die Bearbeitung der Pfähle betrifft, so mufs bemerkt
n, dafs sie vor dem Einrammen am Kopfe recht eben und
senkrecht gegen ihre Achse abgeschnitten werden müssen.
ber ein Aufspalten des Kopfes zu verhindern, was besonders
n Falle zu geschehn pflegt, wenn der Schlag nahe an den
trifft, so mufs man die Kanten an der Oberfläche brechen.
len versieht man auch zu demselben Zwecke jeden Pfahl
nem Ringe, wie dieses bereits bei Gelegenheit der Kunstramme
kt ist. Aufserdem legen sich, wenn der Rammklotz längere
indurch den Pfahl getroffen hat, die sämmtlichen Holzfasern
nd bilden dadurch eine weiche Unterlage, die den Effect der
e ungemein schwächt. Sobald dieses geschieht, mufs man
Zoll weit den Pfahl abschneiden, um frisches und festes Holz
Schlage des Rammklotzes auszusetzen. Der Nutzen hiervon
ich oft auf eine überraschende Art, indem der Pfahl sogleich
r weit leichter eindringt. Dieselbe Wirkung übt zuweilen eine
e Verstellung der Ramme, wodurch der Schlag des Klotzes
nach der Achse des Pfahles geführt wird, und überhaupt ist
nausgesetzte Aufsicht auf die Rammarbeiten zu deren Beschleu-
; und Erleichterung dringend nöthig.

Wenn mehrere Reihen von Rostpfählen hinter einander einge-
: werden sollen, so entsteht die Frage, ob man mit den äus-
oder mit den innern den Anfang zu machen hat. Gewöhn-
ählt man das erste, weil durch die äufsern Pfähle schon der
in der Mitte der Baugrube comprimirt wird und die hier
ammenden Pfähle daher schneller den für erforderlich erach-
Widerstand zeigen. Da jedoch die Spannung, welche ihr tie-
Eindringen verhindert, sich mit der Zeit wieder ausgleicht,
nen sie dadurch auch leicht so lose werden, dafs der ganze
ost weniger feststeht, als wenn man mit den innern den An-
gemacht und die Compression des Bodens allmälig nach der
hin getrieben hätte. Hiernach dürfte es sich empfehlen, zu-
ie innern Pfähle einzutreiben. Wo Spundpfähle vorkommen,

---

*) Förster's allgemeine Bauzeitung. 1861. Seite 180.

Aufstofsen auf harte Körper [illegible] nahme, weil die Spund
die äufsere Spitze etwa [illegible] ausführen läfst.
niemals eine solche [illegible] von manchen Eigenthüml
Erschwerung des [illegible] sich in verschiedenen Bodenarte
und aus diesem [illegible] weilen zu erkennen geben. Hie
Versuch den [illegible] so elastisch ist, dafs er mit
gewährten. [illegible], und sonach die beabsichtigte
angewen[illegible] aufhört. Man hat in solchem Falle ei
verschr[illegible] angebracht, passender möchte es abe
ter e[illegible] Stofses zu vermehren, oder den Klotz
auf[illegible] fallen zu lassen. Andrerseits hat es sich
m[illegible] ereignet, dafs Pfähle, die bereits gesetzt
wieder hoben. Einen solchen Fall erzählt
heit der Brücke zu Orleans, woselbst ein Quel
um einen Pfahl so auflockerte, dafs letzterer si
schwamm. Dasselbe geschah auch auf einer S
im Bromberger Canale. *) Der Boden bestand
Thon, der auf Sand lagerte, und nachdem man die R
beinahe beendigt, auch bereits die Fachbäume auf die
aufgebracht hatte, so hoben sich plötzlich alle Pfähle
pfähle und letztere so stark, dafs sie den darauf lieg
baum sogar 9 Zoll aufwärts bogen. Man schrieb die
der starken Seitenbelastung des Terrains und der geri
tenz des Thones zu, es möchte indessen die Hauptver
für wohl in den Quellen zu suchen sein, die man durch
legen der Baustelle hineinleitete und welche den Bode
und ihn zugleich mit den bereits eingerammten Pfähl
Man hat auch sonst dieselbe Erscheinung bemerkt, sie w
aber immer nur da, wo durch starkes Wasserschöpfen ei
schicht in Triebsand verwandelt wird. Zuweilen wi
wahrgenommen haben, dafs durch den Druck der späte
ten Pfähle die früheren gehoben wurden, und eben
vermeiden, hat man empfohlen, die Stammenden na
kehren.

Dafs die Pfähle, wenn die Rammarbeit einige St
brochen war, gewöhnlich wieder merklich leichter zi

*) Praktische Anweisung zur Wasserbaukunst von Eytelwein

se, ist bereits erwähnt worden. Die Erklärung
ſs die Compression des Bodens unmittelbar
ch und nach etwas vermindert, oder die
ausweichen. Es kann dieses offenbar nur
r Boden weich ist oder in gewissem Grade eine
eit bildet, und es giebt sich diese Erscheinung auch
se in einem zähen Thonboden zu erkennen. Bei den
iten in Pillau im festen Sandgrunde war ein solcher Ein-
ausen weniger auffallend. Andrerseits hat man in sehr
ällen auch wahrgenommen, daſs die Unterbrechung der
en Erfolg hatte, der dem erwähnten gerade entgegenge-
so daſs die Pfähle, wenn sie einige Stunden, oder auch
e Zeit hindurch gestanden hatten, gar nicht weiter einge-
ch auch herausgezogeu werden konnten. Beispiele hiervon
bei Gelegenheit der Beschreibung von Schleusenbauten
angeführt worden. Die näheren Umstände sind dabei
ht bekannt, vielleicht wurde durch die Pfähle dem Was-
ier Zutritt zu den untern Erdschichten eröffnet, wodurch
trockne Thonboden zu quellen begann und die Rei-
in hohem Grade vermehrte.

r verdient hier das Drehen mancher Pfähle erwähnt
. Dieses wird nicht immer durch eine äuſsere Krüm-
nlaſst, sondern vorzugsweise tritt es ein, wenn die Holz-
ich schon eine merkliche Windung zeigen, wie man nicht
let. Man muſs annehmen, daſs die Erschütterung durch
des Rammklotzes sich der Länge nach durch die Fasern
nd wenn diese nicht gerade sind, so verliert auch der
ursprüngliche Richtung. Bei den Bauten in Pillau wur-
ämme, welche eine Windung in den Fasern auf einzelnen
d mitunter auf gröſsere Längen bemerken lieſsen, nicht
entlichen Bohlwerken benutzt, weil sie sich nicht regel-
ng einrammen lieſsen, wohl aber konnten sie ohne Nach-
ispfähle verwendet werden, das heiſst, sie wurden vor das
gesetzt, um das letztere vor dem Angriffe des Eises sicher
Bei diesen zeigte sich ein starkes Drehn unter der Ramme,
d Fälle vorgekommen, daſs sie, obgleich sie ganz gerade
ldeten, beim Eindringen auf etwa 15 Fuſs Tiefe eine volle
machten und sonach wieder in ihre ursprüngliche Lage

zurückkamen. Die Drehung erfolgte aber jedesmal in der R
welche die Windung der Fasern angab, so dafs die Ers
ungefähr dieselbe war, als wenn diese Fasern, die jedoch
vortraten, sich in den Boden eingeschroben hätten.

Zuweilen ist man gezwungen, einzelne Pfähle im Fe
aufzustellen. Wenn man z. B. im Flufsbette unter Wasser
Felsen eine Bétonfundirung ausführen will, so mufs man R
darüber erbauen, auch die Baustelle einschliefsen, und z
Zwecke ist es nöthig, Pfähle in den Boden einzutreiben. Nu
weichem Gestein gelingt es, mittelst starker Pfahlschuhe
noch einzurammen, doch pflegen sie alsdann den Boden
chen, so dafs sie keinen festen Stand annehmen. Es ble
nur übrig, das Loch für den Pfahl vorzubohren, in ähnli
wie man weite Bohrlöcher behufs der Artesischen Brunne
Dieses geschah z. B. bei Anlage des Wehrs in dem Doul
bei Néwy, welches zur Speisung des Rhein-Rhone Cana
wurde. Der Boden bestand in klüftigem Jura-Kalk und
dirung sollte in Béton gemacht werden, man mufste ab
versenkenden Bétonmassen dem unmittelbaren Angriffe de
entziehn und deshalb war eine Umschliefsung erforderlich.
nur darstellen konnte, nachdem einige Pfähle eingeramm
Zu diesem Zwecke wurde mit einem Kronenbohrer ein
von etwas geringerem Durchmesser, als dem der Pfähle
trieben, und hierin schlug man mit einer Handramme
ein. *) Dasselbe Verfahren zeigte sich auch in einem an
sehr vortheilhaft und ergab überdiefs, dafs solche Pfähle
feste Stellung annehmen.

Wird ein fester Felsboden durch weiche Erdschichten
so kann es leicht geschehn, dafs die letzteren nicht mäch
sind, um das Ueberweichen und selbst das Umstürzen
zu verhindern, wie dieses zuweilen, z. B. bei der Brücke
wirklich vorgekommen ist. Man versieht alsdann gewöl
Rostpfähle mit recht scharfen Schuhen, nnd bemüht sich,
anhaltendes Rammen noch bis zu einiger Tiefe in den F
einzutreiben. Dieses Verfahren ist aber sehr gefährlich, d
der festen und harten Unterlage aufstehende Pfahl von den

*) *Recueil de dessins relatifs à l'art de l'Ingénieur. I. Collec*

Rammklotzes mehr als sonst angegriffen wird. Wenn er also aber an seinem untern Ende spaltet und bricht oder vielleicht zersplittert, so giebt sich dieses in seinem obern Theile nicht zu erkennen. Man bemerkt beim eintretenden Bruche, dafs der Pfahl wieder besser zieht als früher, und glaubt also, dafs eine besonders feste Schicht, auf die er getroffen hatte, ist durchdrungen ist und er nunmehr wieder weichere Lagen durchschneidet, worin er sich gehörig fest und sicher einstellen a. Sehr interessant sind in dieser Beziehung die Erfahrungen, man am rechtseitigen Stirnpfeiler der Brücke zu Bergerac über Dordogne machte. Man schlug hier 15 Pfähle, wie es scheint, als Probepfähle ein, und da sie mit Ausnahme eines einzigen weit herabgetrieben waren, dafs sie tief genug im festen Boden stecken schienen, so entschlofs man sich zur Anlage eines Pfahlra. Nichts desto weniger war das verschiedenartige Verhalten Pfähle doch zu auffallend gewesen, um keinen Verdacht wegen sichern Stellung aufkommen zu lassen, und eine ganz eigenliche Beschaffenheit des Grundes mufste man voraussetzen, um abwechselnden Effect der einzelnen Hitzen zu erklären. Man schlofs sich hiernach zu einer nähern Untersuchung, und grub Boden auf. Es ergab sich, dafs die sämmtlichen Pfähle, mit Ausnahme des einzigen, der nur auf eine geringe Tiefe herabzutreiwar, gespalten und gebrochen waren. Ich wähle aus den verschiedenen Gruppirungen der Pfahlstücken, die man hier vorfand, eine aus, welche Fig. 200 darstellt. Die sämmtlichen Pfähle waren aus starkem und festem Holze und zwar zwölfmal aus Eichenholz und dreimal aus Kiefernholz, doch scheint die Verschiedenheit des Materials auf den Effect keinen Einfluss gehabt zu haben. Einmal waren aber schwere Pfahlschuhe und hauptsächlich gufseisen benutzt worden. *) Auch Beaudemoulin **) erzählt, dafs er einen Pfahlrost im Felsboden ausgeführt, und später bei der Freilegung der obersten losen Erdschichten gefunden habe, dafs mehr als die Hälfte der Pfähle bei der Berührung des Felsens in

---

Nouvelle Collection de dessins etc. Eine Uebersetzung des Aufsatzes, sammt einer Mittheilung der sämmtlichen Zeichnungen befindet sich auch im Journal für die Baukunst. Bd. V.

Annales des ponts et chaussées. 1839. *II. p.* 102,

ähnlicher Art zerbrochen waren. Die früher erwähnte Erscheinung bei der Brücke zu Orleans, wo einzelne Pfähle bald festsitzen, andere dagegen bis 60 Fuß herabgetrieben werden konnten, dürfte sich durch die Voraussetzung ähnlicher Beschädigungen am besten erklären.

Bisher ist nur von hölzernen Pfählen die Rede gewesen, wenn die eisernen, die in neuerer Zeit besonders in England vielfache Anwendung gefunden haben, auch als eigentliche Bauart nicht benutzt sind, so haben sie doch bereits unter schwierigen Verhältnissen sich bei Fundirungen so sehr bewährt und vergleichsweise zu andern Constructions-Arten in ihrer Befestigung so Erleichterungen geboten, daß ihre nähere Beschreibung nicht gangen werden kann. Wenn eiserne und zwar gußeiserne eingerammt werden, so treten diese Vortheile nicht ein, und solche ist hier wenig zu sagen. Am häufigsten werden sie zur stellung von Spundwänden benutzt, wovon später manche Beispiele mitgetheilt werden sollen, indem man ihnen aber jeden beliebigen Querschnitt geben kann, so pflegt man selbst wenn sie einzeln stehen, nicht cylindrisch, sondern als Platten zu formen, die durch Versteifungsrippen die nöthige Festigkeit und Steifigkeit erhalten.

Die wichtigste Art der eisernen Pfähle sind aber die Schraubenpfähle, die nicht mit der Ramme eingetrieben, sondern in den Grund eingeschroben werden. Die Idee, auf diese Weise Pfähle eindringen zu lassen, ist schon früher angeregt worden; Gilly und Eytelwein *) erwähnen derselben als eines „lächerlichen Einfalls", sie durfte auch wohl bei der damaligen unvollkommenen Fabrikation der Eisen-Arbeiten, wenigstens in Deutschland, als ganz verfehlt angesehn werden. Soviel bekannt, ist sie früher auch nie versucht worden, bis Mitchell im Jahre 1838 sich darauf ein Patent geben ließs und Anwendungen davon machte, die sogleich die allgemeinste Aufmerksamkeit erregten.

Die Schrauben, welche mit den Pfählen verbunden werden, sind in vielen Fällen und namentlich in reinem Sandboden dieselben, welche man zur Befestigung der Buoyen benutzt, also Grundschrauben, deren Beschreibung und Zeichnung im dritten Theil dieses Werkes gegeben ist. **) In dieser Form bestehn sie meist aus Schmiede-

*) Praktische Anweisung zur Wasserbaukunst I. Heft. 1809. S. 94.

**) Seeufer und Hafenbau. Vierter Band. S. 286.

, und halten bis 4 Fuſs und darüber im Durchmesser. Sie bilden inen einzigen Schraubengang von dieser Gröſse der am untern sehr schnell sich verkleinert und in der Spitze der Spindel en Schneckenbohrer sich verwandelt. Die Steigung des Schrauanges muſs ziemlich niedrig gehalten werden, weil sonst das ringen des Pfahles zu viel Kraft erfordert, es ist aber darauf chten, daſs dieselbe Steigung, welche der obere Schraubengang bis zur untern Spitze sich fortsetzt. Die Spindel dieser Schraube ht gleichfalls aus Schmiedeeisen, und ist mit dem Gange innig nden. In passenden Gesenken werden beide aus demselben stücke ausgeschmiedet. Der Gang ist am äuſsern Rande etwa ll stark, verstärkt sich aber nach innen immer mehr, so daſs n Anschlusse an die Spindel 3 bis 4 Zoll dick wird. Später Wells sich noch auf eine Abänderung dieser Schraube ein Pageben lassen, die darin besteht, daſs der äuſsere Rand des Gees nicht aus gewöhnlichem Schmiedeeisen besteht, sondern aus l, und daſs darin Zähne, wie bei einer Säge angebracht sind, rch das Eindringen in unreinen und harten Boden erleichtert len soll.

Die Spindel hat nach Maaſsgabe der Last, die sie tragen soll, s 8 Zoll im Durchmesser und gewiſs ist es vortheilhaft, sie wo lich in ihrer ganzen Länge, also bis zu derjenigen Höhe, wo durch darüber gelegte Rahmstücke mit den andern ähnlichen deln verbunden wird, aus einem Stücke bestehn zu lassen. Beim einer Brücke über die Etsch in Verona waren die Spindeln 8 Zoll Stärke sogar 50 Fuſs lang. *) Wenn dieses aber nicht hehn kann, so muſs man dafür sorgen, daſs die übereinander enden Theile der Spindel nicht nur fest, sondern auch centrisch einander verbunden sind, so daſs ihre Achsen genau in dieselbe de Linie fallen. Man pflegt alsdann das eine Ende kegelförabzudrehn und das andre, welches etwa den doppelten Durchser hat, mit einer entsprechenden Oeffnung zu versehn, so daſs s in dieses genau eingreift. Die innige Verbindung zwischen len wird alsdann durch fest eingetriebene starke Schluſskeile darellt.

Andrerseits bestehn die Schrauben auch häufig aus Gufseisen

*) *Civil Engineer and Architect's Journal.* 1867. *p.* 105.

und sind abdann entweder wieder mit Spitzen versehn, auf d
den Gewinde mit unveränderter Steigung und mit abnehmenden D
messer sich fortsetzt, oder der weit vortretende Schraubengang e
nahe über dem untern Ende einer cylindrischen Röhre. Ist letz
der Fall, so hat der ganze Pfahl dieselben Dimensionen, und
gleiche Weite im Innern wie der untere Cylinder. Die durch
Rand des letzteren abgeschnittene Erde kann also im Innern
gen. Solche cylindrische Pfähle bestehn aus gufseisernen Rö
die in den vortretenden Flanschen durch Schrauben-Bolzen mit
ander verbunden sind, man giebt auch wohl an die Flanschen
sehen den Schrauben Winkelbänder an, um das Abbrechen zu
hindern. Auch jene mit Spitzen versehene Schrauben pflegt
obern Theile hohle Cylinder zu bilden, die entweder in gle
Weise mit andern gufseisernen Röhren verbunden werden, oder
streift sie auch über die vorher sorgfältig zugeschnittenen E
hölzerner Pfähle, auf die sie sicher befestigt werden. Die gu
sernen Schrauben erhalten im Allgemeinen geringere Durchm
als die geschmiedeten, doch pflegt man ihnen mehr, als eine W
dung zu geben, damit wenn irgend wo ein Stück des Schrau
gangs abbricht, sie noch immer vollständig gehalten werden. B
sehr festem Grunde, worin man keinen Geschieben begegnet, i
dieser Vorsicht entbehrlich.

Der wesentliche Vorzug der Schraubenpfähle vor den eingera
den Pfählen besteht darin, dafs sie auf einer viel gröfseren Grun
fläche, nämlich auf der Kreisfläche des Schraubenganges, aufste
also selbst in festem Grunde einem weit stärkeren Drucke den nöt
gen Widerstand leisten. Dabei sind sie auch nicht der Gefahr a
gesetzt, etwa durch das Eis gehoben zu werden, und aus dies
Grunde eignet sich die Schraube vorzugsweise zur Befestigung v
Seezeichen und Bojen, vor denen Schiffe liegen. Die ganze dar
befindliche Erd- oder Sandmasse, die in gröfserer Höhe einen gröfse
Durchmesser annimmt, also einen umgekehrten Kegel bildet, m
darauf und müsste herausgerissen werden, wenn die Schraube ge
hoben werden sollte.

Demnächst ist auch das Einstellen eines Schraubenpfahles u
ungünstigen Verhältnissen bequemer und sicherer, als das Einr
men von Pfählen. Wenn eine feste Rüstung auch immer vorzuzi
wäre, so bieten doch auch zwei fest geankerte Fahrzeuge hie

lle Gelegenheit. Die Schraubenpfähle lassen sich alsdann jede beliebige Stelle bringen, und es ist gleichgültig ob sie t, oder etwas geneigt stehn sollen. Das Einschrauben eines ist aber, wenn für hinreichend kräftige Windevorrichtungen und Alles gehörig verbreitet ist, meist in wenig Stunden l.

erste bedeutende Anwendung fanden die Schraubenpfähle uung des Leuchtthurmes auf Maplin-Sand vor der Mündung nse *), woselbst neun Pfähle aus gewalztem Eisen bestehend, ief in den Sand eingeschroben wurden. In gleicher Weise ald darauf andre Leuchtthürme gebaut, und unter diesen ist s derjenige an der Küste von Florida wichtig, woselbst llenriff durchbohrt werden mufste. Später ist diese Conart auch zu andern Zwecken benutzt, so dienten beim Bau us von Portland hölzerne Pfähle mit gufseisernen Schrauben als Rüstpfähle, und vielfach hat man eiserne Pfähle in den eschroben, welche eiserne Brücken tragen. Wenn im Gezu diesen Erfahrungen es hin und wieder nicht geglückt st kleinere Schrauben auch nur einige Fufs tief in reinen dringen zu lassen, so dürfte der Grund davon wohl nur in gelhaften Vorkehrungen zu suchen sein, welche die Auser nöthigen Kraft zum Drehn der Schrauben nicht gestat-

passendsten ist es, wie auch gewöhnlich geschieht, an den eil des Schaftes etwa 8 Hebel von 10 bis 12 Fufs Länge speichen zu befestigen und über die gabelförmigen Enden ein starkes Tau oder eine Kette zu legen, welche durch Winden angezogen wird. Besonders empfiehlt es sich aber, e Gelegenheit dazu es irgend gestattet, zwei Winden auf nüber stehenden Seiten desselben Rades aufzustellen, und eichzeitig wirken zu lassen, weil alsdann der Pfahl keinen ick erfährt und nur um seine Achse gedreht wird. Im entetzten Falle ist eine sehr feste Absteifung erforderlich, wostarke Reibung gegen die Pfannen nicht vermieden werden

---

dritten Theile dieses Werkes ist in Fig. 249 eine Zeichnung dieses nitgetheilt.

Um an einem Beispiele die Vorrichtung zum Einschrauben der Pfähle zu erläutern, wähle ich diejenige, welche beim Bau der Brücke über den Festungsgraben bei Königsberg in der Bahn nach Pillau benutzt wurde. *) Der Boden besteht bis zu sehr grofser Tiefe aus weicher Moorerde, woher es darauf ankam, die Pfähle mit möglichst grofsen tragenden Flächen zu versehn. Die Schraubengewinde erhielten daher einen Durchmesser von 5 Fufs, und wurden 22 Fufs tief eingeschroben. Jede derselben mufste 800 Centner tragen, und sie haben diese Widerstands-Fähigkeit auch in der That gezeigt.

Jeder Pfahl besteht aus gufseisernen Röhren von 30 Zoll innerm Durchmesser und 6 bis 8 Fufs Länge, die mittelst Flanschen und Schraubenbolzen mit einander verbunden sind. Die Wandstärke der Röhren mifst in den Zwischenstücken 1½ Zoll, in den untern aber, woran das Gewinde angegossen ist, und eben so auch in dem obern Aufsatz-Stücke, dem die Drehung mitgetheilt wird, 2 Zoll. Die Röhre ist unten offen und zwar ist der Rand des untern Stückes nach aufsen zugeschärft, damit der verdrängte Boden in die Röhre selbst aufsteigt.

Figur 217 auf Tafel XVI zeigt neben der Vorrichtung zum Einschrauben auch die verschiedenen Theile der Röhre. Figur 217 *c* stellt das mit der Schraube versehene Stück dar, wo die punktirten Linien bezeichnen die erwähnte Zuschärfung. Das Schraubengewinde, welches 15 Zoll vor die Röhre vortritt ist neben derselben 4 Zoll, am äufsern Rande aber 2 Zoll stark, seine Steigung beträgt 10 Zoll. Es beginnt fast unmittelbar über dem untern Ende der Röhre. Fig. 217 *b* zeigt das obere Ansatzstück, welches den Apparat zum Drehn trägt, und zwar sowol im Durchschnitt, wie auch in der Seiten-Ansicht. Letztere läfst eine der beiden eingebelten Schlitze bemerken, die nebst den darin befindlichen Schlüsselkeilen in der Ansicht von oben, Fig. 217 *a*, sichtbar sind.

Die letzte Figur stellt das Rad dar, welches zum Drehn des Pfahles dient. Je zwei gewalzte Eisenplatten von ½ Zoll Stärke sind durch aufgenietete Winkeleisen zu kreisförmigen Scheiben von 5 Fufs Durchmesser verbunden. Die Oeffnung für die Röhre, welche sie umschliefsen ist in ihrer Mitte ausgespart. Zwei solche Scheiben

*) Eine kurze Notiz hierüber befindet sich in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1866. S. 473.

…n im Abstande von 6 Zoll über einander und der Zwischenraum …theils durch hartes Holz und theils durch vier schmiedeeiserne …ke ausgefüllt. Etwa 150 Schraubenbolzen greifen sowol durch …e Platten, wie auch durch die verschiedenen Theile der Füllung …durch und verbinden das Ganze.

Von den vier Eisenblöcken stehen 2, nämlich *A* und *B* sich …ntral gegenüber. Diese sind an der innern Seite eben so wie …obere Ansatzröhre mit Rinnen versehn, und hierin werden die …laßkeile eingestellt, welche die Drehung der Scheibe der Röhre …theilen. Durch diese gegenüber stehenden Keile liefs sich aber …innige Verbindung noch nicht darstellen, hierzu mufsten noch …wärts Keile eingetrieben werden, und dazu dienen die beiden …ke *C*, die gegen einander und gegen *A* um 120 Grade abstehn. …Keile bei *C* haben allein den Zweck, die Scheibe mit ihren …men in jeder beliebigen Höhe zu halten, sie treffen daher nur …n die äufsere Fläche der Röhre. In Fig. 217 *b* ist ein solcher …il sichtbar.

In diese Scheibe sind 8 Arme von Eichenholz eingelassen, deren …er am äufsern Ende eine gufseiserne Kapsel trägt, die mit einem …schnitte zur Aufnahme des Taues oder der Kette versehn ist. …n diesen Kapseln sind an jeder Seite noch je zwei Lappen angegossen, …worin die Augen von einzölligen Eisenstangen eingreifen und durch …Schraubenbolzen daran befestigt sind. An die andern Enden dieser …Stangen sind Schraubengewinde, und zwar abwechselnd links und …rechts gedrehte, eingeschnitten. Je zwei derselben, die von den nächsten Armen ausgehn, greifen in die mit einander verbundenen Schraubenmuttern in den Schnallen und man kann sonach durch Umdrehn der letztern die beiden betreffenden Stangen beliebig spannen. In dieser Weise werden alle acht Arme unter sich verbunden.

In die Rillen an den Enden der Arme wurde eine starke Kette gelegt, deren Ende durch eine kräftige Winde von acht Mann angezogen wurde. Später hat man aber, wie es scheint, zwei Ketten in gleicher Richtung um das Rad geschlungen, und beide Enden derselben durch Erdwinden, die sich gegenüber standen, angezogen. Diese Anordnung ist unbedingt vorzuziehn, weil der Pfahl alsdann eben so stark nach der einen, wie nach der andern Seite gedrückt, also nur um seine Achse gedreht wird.

§. 38.
Tragfähigkeit der Pfähle.

Indem die Rostpfähle die darauf gestellten Bauwerke [illegible] tragen sollen, so müssen sie theils in sich so stark sein, [illegible] unter ihrer Belastung weder zerdrückt, noch auch gebogen [illegible] brechen werden, theils aber müssen sie so fest im Boden stehn, [illegible] sie bei der spätern Belastung nicht tiefer einsinken und [illegible] ein Sacken oder Brechen des Gebäudes veranlassen. In beiden [illegible] ziehungen ist es nothwendig, das Gewicht des Baues mit Eins[illegible] der möglichen fremden Belastung, und wenn die Gewichte [illegible] gleichmäßig vertheilt sind, dieselben für die einzelnen Fundam[illegible] zu berechnen und den Rost so anzuordnen, daß auf keinen Pf[illegible] eine Belastung trifft, die ihn beschädigen oder in Bewegung set[illegible] könnte.

Die Gefahr, daß ein Pfahl der seiner ganzen Länge nach, wo auch nur in ziemlich losem Boden steht, zerdrückt oder gebroch[illegible] werden sollte, ist selten vorhanden und würde nur eintreten, wo seine Spitze auf einen festen Körper, wie etwa auf gewachsen[illegible] Felsen oder auf ausgedehntes Geschiebe träfe, und der darüber l[illegible] ähnliche Grund ihm keine Haltung gäbe. Welche Dimensionen [illegible] aber in diesem Falle haben muß, damit er dem senkrechten Dru[illegible] widersteht, ergeben die bekannten Gesetze der Statik, woher [illegible] davon abgesehn werden kann.

Wichtiger ist dagegen die zweite Frage, nämlich wie tief [illegible] Pfahl in aufgeschwemmtem Boden eingerammt werden muß, da[illegible] er unter dem gegebenen Drucke nicht weiter einsinkt. Der k[illegible] Grund, der die Pfähle alsdann trägt und umgiebt, läßt sie sch[illegible] während des Rammens zu keinem absolut festen Stande gelang[illegible] denn bei der einzelnen Hitze oder bei mehreren aufeinanderfolg[illegible] den Hitzen giebt sich immer noch ein tieferes Eindringen zu [illegible] kennen, und wenn dieses vielleicht bei Anwendung der gewöhnlich[illegible] Zugramme auch unmerklich werden sollte, so stellt es sich d[illegible] wieder ein, sobald man mittelst der Kunstramme einen schwe[illegible] Rammklotz aus großer Höhe herabfallen läßt. Nichts desto we[illegible]

nur wird man auf solche Pfähle schon eine gewisse Last mit voller Sicherheit aufbringen können, während sie unter sehr starker Benutzung noch tiefer einsinken. Die Abwesenheit eines absolut festen Standes giebt sich also auf zweifache Art zu erkennen, nämlich einmal bei den Schlägen des Rammklotzes, oder durch die mitgetheilte lebendige Kraft desselben, und sodann auch durch den Einfluss des todten Druckes, welcher von der spätern Belastung herrührt. Es liegt der Gedanke sehr nahe, die Leichtigkeit, womit der Pfahl während der letzten Hitzen noch eindringt, als Maafsstab für die Festigkeit seines Standes zu benutzen, und man kann nicht zweifelhaft sein, dafs eine gewisse Beziehung zwischen diesen beiden Gröfsen stattfindet. Es rechtfertigt sich auch vollkommen die Annahme, dafs von zweien in denselben Boden und unter übrigens gleichen Umständen eingerammten Pfählen derjenige eine gröfsere Last tragen wird, der in der letzten Hitze weniger tief eindrang, wenn bei beiden derselbe Rammklotz zu gleicher Höhe gehoben wurde und die Hitze aus derselben Anzahl von Schlägen bestand. Wäre man also im Stande, die Beschaffenheit des Baugrundes für die ganze Tiefe, zu welcher der Pfahl eindringt, genau zu bezeichnen, und zwar nicht nur in Bezug auf seine Zusammensetzung, sondern auch auf den Wassergehalt oder auf den mehr oder minder lockern Zustand, und hätte man endlich für alle Modificationen, die hierbei eintreten können, die nöthigen Erfahrungen bereits gesammelt, so wäre es möglich, aus dem Eindringen des Pfahles unter gewissen Schlägen auf seine Tragfähigkeit mit Sicherheit zu schliefsen. Dieser empirische Weg ist indessen so schwierig, dafs seine Benutzung kaum denkbar ist, und jedenfalls ist er zur Zeit noch nicht geöffnet. Nur da, wo eine grofse Gleichmäfsigkeit des Bodens stattfindet und vielfache Rammarbeiten bereits vorgekommen sind, wird man zu beurtheilen im Stande sein, wie weit man die Pfähle jedesmal eintreiben mufs.

Man hat indessen bisher kaum versucht, diesen Weg zu verfolgen, und sich vielmehr bemüht, unter Zugrundelegung mancher Hypothesen zwischen der lebendigen Kraft und dem todten Drucke einen directen Vergleich anzustellen und denselben so allgemein durchzuführen, als ob er unter allen Verhältnissen gültig und von der Beschaffenheit des Bodens unabhängig wäre. Es ist klar, dafs dieser Versuch mifsglücken mufste, denn die beiden Kraftäufserungen:

Stofs und Druck, sind so heterogen, dafs sie unter Um
wohl gleiche Effecte hervorbringen können, sich aber im Al
nen nicht in Parallele stellen lassen. Man überzeugt sich
dafs sie in gewissen Fällen unmöglich gleiche Wirkungen
können. So ist bereits erwähnt worden, wie der Widerstan
die Wirkung des Schlages sich wesentlich vergröfsert, sob
weiche Zwischenlage über dem Pfahle sich befindet, währe
auf die Aeufserung des Druckes ohne Einflufs ist. Andrerseit
ein Pfahl, wenn der Boden aus einer flüssigen Masse bestä
so tief eindringen, als der hydrostatische Druck es erlaubt, u
er während der schnell aufeinanderfolgenden Schläge ein
auch einen tieferen Stand annähme, so würde er in der da
genden Pause doch wieder aufschwimmen, und sonach bein
setzten Rammen sich ungefähr eben so verhalten, als ob er
fest stände, während er bei jeder neuen Belastung auf eine
entsprechende Tiefe herabsinken müfste.

Mariotte stellte directe Versuche über den Effect des
an, und fand, dafs ein Gewicht von $2\frac{1}{2}$ Pfund, welches 7 Z
herabfällt, eine gleiche Wirkung äufsert, wie der todte D
400 Pfund. Giebt man einer solchen Beobachtung, die sich
eine bestimmte Zusammensetzung des Apparates beziehn k
allgemeine Gültigkeit, so ist es leicht, die gewünschte Rela
zustellen. Perronet versuchte dieses und gelangte dadurch
Resultate, dafs man für Zugrammen das Gewicht desjenige
klotzes findet, der zuletzt kein merkliches Eindringen de
bewirken darf, wenn man das Gewicht, welches der Pfa
soll, durch 1290 oder zu gröfserer Sicherheit durch 645
Doch bemerkt Perronet dabei, er habe hierdurch nur zeige
wie man aus jenen Beobachtungen auf die Tragfähigkeit d
schliefsen könne, und fügt hinzu, es sei unmöglich, die le
und todten Kräfte mit einander zu vergleichen.

Dürfte man den Widerstand gegen Stofs eben so grofs
jenigen gegen Druck, und zwar beide als ein gewisses Ge
sehn, welches gehoben werden sollte, so vereinfacht sich die
so sehr, dafs sie leicht zu lösen ist. Man denke eine in al
len steife und gewichtlose Wage. In die eine Schale lege
Gewicht, welches den Widerstand gegen Druck bezeichnet,
die andere lasse man ein kleines Gewicht aus einer gewis

wird das erste in Folge des Stofses bis zu einer geringen
e sich leicht berechnen läfst, gehoben werden. Diese letzte
tspricht nach dieser Vorstellungsart der Tiefe, zu welcher
l bei jedem Schlage eindringt, während das kleinere Ge-
· Rammklotz ist, der aus jener Höhe herabfällt. Vernach-
an dabei das Gewicht des Pfahles und macht man zugleich
ussetzung, dafs das Gewicht des Klotzes vergleichungsweise
n Widerstand verschwindend klein ist, so gelangt man zu
· einfachen Resultate, dafs dasjenige Gewicht, welches der
eben noch tragen kann, sich zu dem Gewichte des Ramm-
erhält, wie die Quadratwurzel aus der Fallhöhe des Klotzes
el aus der Einsenkung des Pfahles beim letzten Schlage.
führe diese Auffassung nur an, weil sie manchen Theorien
gfähigkeit der Pfähle zum Grunde liegt, in England hat
r in dieser Weise Beobachtungen angestellt, die jedoch ganz
waren, und sich nur gerechtfertigt hätten, wenn es etwa
gewesen wäre, über die Elasticität der Schnüre und andrer
es Apparates Versuche zu machen.

Cessart wählte ein andres Verfahren, um die Wirkungen
es mit denen des Druckes zu vergleichen. Er liefs während
rücke zu Saumur baute, eine Ramme zurichten, an der ein
on 600 Pfund Gewicht bis 12 Fufs hoch gehoben werden
hierdurch stellte er die lebendige Kraft des Stofses in den
n dar. Der todte Druck wurde dagegen durch stark be-
ebel erzeugt. Um die Wirkungen beider Kräfte sicher wahr-
und vergleichen zu können, liefs de Cessart eine Anzahl
l in derselben Form giefsen, deren Basis 3 Zoll im Durch-
nielt und deren Höhe 32 Linien betrug, die also im Quer-
gleichseitige Dreiecke von 3 Zoll Seite bildeten. Der Schlag
me sowohl, als der Druck des Hebels hatten den Erfolg,
ten der Kegel platt zu drücken und kreisförmige Flächen
larzustellen, deren Durchmesser man messen konnte. Es
nun solche Kegel belastet und zwar mitunter mit sehr be-
n Gewichten, so dafs der Druck in einzelnen Beobachtungen
17000 Pfund betrug. Nachdem auf diese Art die Spitze
egels soweit eingedrückt war, dafs keine weitere Senkung
so wurde der Durchmesser der eingedrückten Fläche be-
Alsdann stellte man einen andern Kegel unter die Ramme

und liefs aus einer gewissen Höhe den Klotz darauf fallen, w
sich wieder die Spitze in eine kreisförmige Fläche verw
Man maafs diese und war sie etwa kleiner als die erste, s
man wieder einen neuen Kegel unter die Ramme und hob d
etwas höher, als früher, und so fort, bis zuletzt gleiche Durc
und sonach gleiche Wirkungen sich herausstellten. Es ist
leugnen, dafs hierdurch ein Vergleich möglich wurde, aber
sich gerade nur auf diese Bleikegel, hätte de Cessart statt de
Kupfer, Messing oder Eisen gewählt, so würde er andere
nisse zwischen Stofs und Druck erhalten haben. Eine all
Gültigkeit kann man sonach den aus solchen Versuchen he
ten Resultaten nicht beilegen.

Durch einen directen Versuch hatte ich mich schon fr
von überzeugt, dafs die Beziehung zwischen der Tragfähigk
cher Pfähle und ihrem Eindringen in feuchten Sand- und
boden unter gleichen Schlägen wesentlich verschieden se
Pfählchen von denselben Dimensionen trieb ich nämlich u
chen Fallhöhen desselben Rammklotzes so weit ein, bis
den letzten Schlägen zu gleichen Tiefen weiter eindrang
Belastungen, denen sie alsdann Widerstand leisteten, ware
wegs dieselben, vielmehr sank der im Thonboden steher
schon unter einem bedeutend geringeren Gewichte herab,
jenige war, welches den andern in Bewegung setzte. Bei
holung des Versuches zeigte sich aber, dafs das erste Gewi
es auch noch kleiner war und sich sogar auf das des Ran
beschränkte, bei dauerndem Drucke den Pfahl zu tieferem
gen veranlafste, wenn dieses unmittelbar nach dem Aufste
nicht geschehn war.

Dieses spätere Einsinken wurde wohl nur dadurch
dafs die starke Compression des Bodens in der nächsten U
des Pfahles, welche das Einrammen desselben verursacht h
deren Folge die gröfsere Reibung war, nach und nach siel
derte, indem einigermaafsen eine Ausgleichung eintrat un
sammengedrängten Erdtheilchen sich von einander entfern
diesen Umstand, der auch das leichtere Eindringen des P
klärt, nachdem die Rammarbeit während einiger Zeit unt
worden, ist schon früher aufmerksam gemacht, er ist abe
urtheilung der Tragfähigkeit der Rostpfähle von grofser B

ers in nassem Thonboden. Ob in reinem Sandboden und
n nassem Sande auch solche Aenderung eintritt, ist nach mei-
rsuchen nicht anzunehmen, doch unbedingt zeigte sie sich bei
ımmarbeiten in Pillau, wo der Boden zwar überall aus Sand
l, jedoch mit thonigen und vegetabilischen Theilchen jedesmal
der weniger versetzt war.

n diese später eintretenden Senkungen zu beseitigen, stellte
ch eine Reihe von Beobachtungen mit trocknem Sande und
ei verschiedenartiger Ablagerung desselben an. Die Pfähl-
nd die ganze Vorrichtung zum Einschlagen waren dieselben
vorigen Paragraph beschrieben sind. Nachdem ich sie
tief in die verschiedenen Schüttungen eingerammt hatte,
chte ich ihre Tragfähigkeit, indem ich einen Hebel auf
derselben legte, dessen Drehungs-Achse gehörig befestigt
ınd auf dem ein Gewicht sich bequem so weit verschie-
ſs, bis der Pfahl sich etwas senkte. Die hierbei gefundenen
te zeigten grofsentheils bedeutende Abweichungen von den
. mitgetheilten Beobachtungen, doch rührte dieses wohl gros-
s davon her, dafs die Schüttungen in dem einen und dem
Falle verschieden waren, auch die Erschütterungen beim Her-
ı des Rammklotzes mochten wohl den Sand fester abgelagert
Es ergab sich meist eine gröfsere Tragfähigkeit, als nach
ersuchen, dagegen zeigte sich bei dem möglichst fest gestofsenen
ine sehr befriedigende Uebereinstimmung, wiewohl dieses mal
nämlich quadratische Stäbe benutzt, und diese auch tiefer ver-
rurden. Ich fand nämlich, dafs diese Pfählchen bei der Ein-
; von 5 Zoll durchschnittlich unter dem Drucke von 10,4 Pfund
ue einsanken, während sie nach der obigen Formel

$$\gamma = 1{,}1 + 6{,}1 \cdot s^2$$

die Einsenkung in Zollen bedeutet, unter dem Gewichte von
'fund auf den Quadratzoll, also bei ihrem Querschnitt von
Quadratzoll, erst bei einer Belastung von 11,2 Pfund hätten
sollen. Diese geringe Differenz darf bei der Unsicherheit
Messungen nicht befremden, ich mufs aber noch bemerken,
: Form der Spitze oder das gänzliche Fehlen derselben kei-
ıfluſs zu haben schien.

rnachlässigt man in diesem Ausdrucke für die Grenze der
ng des Pfahles, das erste Glied, welches bei tieferen Einsen-

kungen verschwindend klein ist, so ergiebt sich aus der Ve
mit dem §. 37 gefundenen Werthe von ε, dafs bei dieser Al
des trockenen Sandes, die Gewichte, unter welchen derse
bei verschiedener Tiefe einsinkt, umgekehrt den Quadrat
Senkung bei den letzten Schlägen proportional ist.

Man darf jedoch aus den oben angeführten Gründe
Resultate keine allgemeine Gültigkeit beimessen, und überl
alle bis jetzt gemachten Versuche, die Tragfähigkeit eines R
aus seinem Eindringen während der letzten Rammschläge
ten, als verfehlt zu betrachten. Nichts desto weniger ist
hierüber noch Einiges mitzutheilen.

Perronet spricht seine Meinung über diesen Gegenst
gender Art aus: „der Rostpfahl darf nur in dem Falle als h
tief eingerammt angesehn werden, wenn er in jeder Hit
bis 30 Schlägen nur 1 bis 2 Linien eindringt und zwa
mehrerer aufeinander folgender Hitzen. Bei andern Pfäl
gen, die weniger belastet werden, kann man sich auch
gnügen, dafs sie in der Hitze noch 6 Linien, auch wohl ei
Zoll eindringen. Das gewöhnliche Gewicht des Rammk
Rostpfähle beträgt 600 bis 700 Pfund, bei stärkeren un
Pfählen 1200 Pfund und der Klotz mufs 4½ Fufs hoch geh
den. Die Rostpfähle bei der Brücke zu Neuilly hatten 12 Z
messer und trugen jeder 105700 Pfund, die bei der Brüc
leans 104900 Pfund. Bei der Brücke zu Tours waren
als die Pfeiler einstürzten, mit 153900 Pfund belastet.“ „
fährt Perronet fort, „bin ich der Ansicht, dafs man einen
8 bis 9 Zoll Stärke nur mit 50000 und einen solchen v
nur mit 100000 Pfund belasten darf.“

Hierbei mufs aber erwähnt werden, dafs bei der
Neuilly der Boden kiesig war und die Pfähle den Felsbod
ten. Sie wurden so lange gerammt, bis sie unter dem 1
schweren Rammklotze während 16 auf einander folgend
jede zu 30 Schlägen, nur je 2 Linien zogen, oder wenn
Pfund schwere Bär angewendet wurde, mufsten sie während
denselben Widerstand zeigen. Beim Bau der Brücke b
wurde die Rammarbeit etwas früher abgebrochen, nämlic
sern Pfähle jedes Pfeilers betrachtete man als feststeh
sie bei einer Hitze von 25 Schlägen mit dem 900 Pfund

ze noch 1½ Linien zogen und die innern dagegen schon, wenn sie in Hitze noch 3 Linien eindrangen. Der siebente Pfeiler dieser ke senkte sich aber um 10 Zoll oder um eine Werksteinschicht. ich ist bei der Brücke bei Tours zu bemerken, dafs der Grund Einsturzes derselben, wie schon oben erwähnt worden, wohl larin lag, dafs die Pfähle in der umgebenden Erde nicht hin- ende Haltung fanden, also nicht herabgedrückt wurden, sondern den. Alle hier gemachten Angaben beziehn sich übrigens auf er Fufs-Maafs.

Eganzin sagt *) in Bezug auf diesen Gegenstand: „die Erfah- und die Praxis bei grofsen Bauten haben dahin geführt, einen als gehörig feststehend zu betrachten, um eine dauernde Be- ng von 50000 Pfund zu tragen, wenn er bei Anwendung einer tramme in der Hitze von 10 Schlägen mit einem Rammklotze 200 Pfund der 11½ Fufs hoch gehoben wird, nur 4,6 Linien eindringt, oder wenn die Zugramme angewendet wird, darf er er Hitze von 30 Schlägen mit demselben Rammklotze, der 'ufs hoch gehoben wird, sich gleichfalls nur um 4,6 Linien n.“

Bei einem Bau in Berlin, wo die 40 Fufs langen Rostpfähle eit eingetrieben waren, bis sie in der Hitze von 20 Schlägen inem 5 Fufs hoch gehobenen Rammklotze von 1650 Pfund Linien tief eindrangen, gab sich unter einer Belastung von) Pfund ein Sinken zu erkennen. Der Baugrund bestand aus rem, doch sehr sandigem aufgeschwemmten Boden.

n Holland, wo der weiche Grund es fast nie erlaubt, den en einen so festen Stand zu geben, dafs sie auf die letzte Hitze och wenige Linien ziehn, belastet man sie allgemein mit viel geren Gewichten. Bei den Schleusenbauten am nordholländi- Canale ist der einzelne Rostpfahl mit 25000 Pfund belastet ennoch waren die Mauern im Trocken-Dock am Helder theil- stark gesunken. Bei andern Schleusen stehn die Pfähle noch neben einander, so dafs jeder nur 20000 und mitunter nur) Pfund trägt, wie dieses nach Wiebeking bei der Schleuse enningsveer der Fall ist. Bei der sehr wichtigen Entwässe- schleuse bei Catwyk aan Zee trägt der einzelne Pfahl 16500

*) *Programme ou résumé des Leçons.* 4. *édition. I. p.* 169.

Pfund, und es ist interessant, dafs man bei Untersuchung
grundes die Länge der Pfähle darnach bestimmte, dafs de
pfahl auf 20 Schläge mit dem 1100 Pfund schweren Ra
noch 4 Zoll eindrang, man meinte, dafs bei gleicher Tie
Fufs auseinanderstehenden Pfähle einen hinreichend festen
nehmen würden. *) Dieser letzte Bau hat keine Senkung

Um endlich auch ein Beispiel aus England anzuführe
wähne ich, dafs beim Bau des Junction-Dock zu Hull, wo
Pfähle mit einem Gewichte belastet sind, das bis 60000 Pf
dieselben so lange eingerammt wurden, bis sie in 30 Schl
6 Fufs Höhe, die mit dem 1300 Pfund schweren Ramm
geben wurden, nicht stärker als $1\frac{1}{2}$ Zoll tief eindrangen. **

Man ersieht hieraus, dafs die Annahmen über die Tra
und ebenso die hin und wieder gemachten Erfahrungen
schieden sind, und hierdurch bestätigt sich wieder, dafs
allgemeine Regel nicht aufstellen kann, sondern die Bes
des Grundes jedesmal berücksichtigen und besonders vors
mufs, wenn derselbe viele Thontheile enthält. In diesem
ursacht dessen Zähigkeit einen grofsen Widerstand gegen d
Eindringen der Pfähle während des Rammens, dieser V
giebt sich aber bei der nachfolgenden dauernden Belas
zu erkennen und man mufs also bei gleichem Ziehn d
eine viel geringere Beschwerung annehmen, als bei san
kiesigem Grunde zulässig ist.

Es stellt sich durch diese Umstände um so mehr das
nifs heraus, auf alle Erscheinungen, die sich beim Einra
Rostpfählen zu erkennen geben, aufmerksam zu bleiben,
nöthig, diese auch gehörig zu notiren. Die Anfertigung s
Rammregister gewährt den Nutzen, dafs der leitende I
sein Verfahren rechtfertigen kann, und überdies wird auc
merksamkeit geschärft und manchen unangenehmen Folg
vorgebeugt, dafs bedenkliche Umstände, die sich vielleich
des Baues schon zu erkennen geben, aufgezeichnet un
wahren Gröfse ausgedrückt werden. Perronet theilt bei G

*) Beilage No. 3 im Rapport wegens Onderzoek omtrent ee
ring te Catwyk aan Zee. 1802.

**) *Transactions of Civil Engineers. I. p.* 33.

eschreibung des Brückenbaues bei Neuilly ein Rammregister
Jeder Pfahl wurde auf dem Grundrisse mit einer Nummer
ın, dieses Register enthielt aber:
den Tag, an welchem der Pfahl zum Stehn kam,
die Nummer des Pfahles,
seine Länge vor dem Einrammen,
seinen mittleren Umfang,
das Gewicht des Rammklotzes, womit er eingetrieben wurde,
die Anzahl der Arbeiter an der Ramme und
die Tiefe, zu welcher der Pfahl eingetrieben wurde.
Es möchte wohl passend sein, in einer achten Spalte noch
eben, wie stark der Pfahl während der letzten Hitzen sich
e. Wenn auf derselben Baustelle auch drei oder mehrere Ram-
in Thätigkeit sind, so kann der Aufseher, wenn er jeden Pfahl
lem Setzen und nach dem Einrammen mifst und die letzten
n beobachtet, diese Notizen leicht sammeln und eintragen.

§. 39.
Spundpfähle.

Die Spundpfähle werden nicht wie die Spitzpfähle in eini-
bstande, sondern so nahe neben einander eingerammt, dafs sie
nmittelbar berühren, und sind überdies mit Federn und Nu-
oder mit einer Spundung versehn, wodurch die Fuge in den
rungsflächen zwischen zwei Pfählen gebrochen wird. Sie bil-
onach eine dichte Wand, die man eine Spundwand oder
wand nennt. Eine vollkommene Wasserdichtigkeit besitzen
Spundwände nicht leicht, aber wohl verhindern sie ein star-
Durchströmen des Wassers, sowie auch das Durchfallen der
und des Sandes, und wenn ein Thonschlag dagegen gebracht
so erhält dieser durch die Spundwand eine so feste Lage,
er das Wasser vollständig zurückhalten kann. Der Zweck
pundwände besteht hiernach vorzugsweise darin, alle Wasser-
, die sich in geringer Tiefe am Boden unter der Sohle der
ube befinden, zu unterbrechen, und dieses wird um so mehr
ht, als die Spundwand ringsumher eine Compression des Grun-

des erzeugt, wodurch das Wasser verhindert wird, sich mi
ben Leichtigkeit, wie früher, hindurchzuziehn. Häufig werde
wände nur angebracht, um während des Baues das Wass
halten. Demnächst aber wird durch die Spundwand die
lagerung der Erde in der Baugrube gesichert, und we
später die starke Belastung erfährt, so nimmt sie früher
Spannung an, welche den nöthigen Widerstand erzeugt,
Compression sich gegen das umgebende Erdreich nicht
chen kann. Dieser Zweck ist besonders wichtig, wenn
bäude mit breitem Fundamente auf einen weichen Baug
stellt wird. Ferner hat die Umschliefsung der Baugrube
ton-Fundirungen noch den Zweck, die eingeschüttete Bé
so lange sie noch weich ist, zurückzuhalten und vor der u
ren Berührung mit fliefsendem Wasser zu schützen. Endlich
nen die Spundwände zuweilen auch dazu, ein Unterspülen
damentes zu verhindern, doch darf man in dieser Bezie
nicht zu viel von ihnen versprechen, indem sie eine gefähr
lung erhalten, wenn sie von aufsen auf den gröfsten T
Höhe entblöfst sind. Alsdann können sie nämlich wegen
lenden Gegendruckes nicht mehr den nöthigen Widerstand d
der stark comprimirten Erde unter dem Fundamente entgeg

Beim Einrammen der Spundpfähle kommt es hiern
ger darauf an, dafs sie zu einer grofsen Tiefe herabreich
fest stehn, wie Rostpfähle, als vielmehr, dafs sie gehörig i
greifen und keine weit geöffneten Fugen zwischen sich la
Rostpfahl erfüllt noch seinen Zweck, wenn er sich auch
einen oder der andern Seite überneigt, die Spundpfähle
gegen nicht aus der Ebene der Wand ausweichen, weil
fehlbar die Federn oder die Backen zur Seite der Spundu
und alsdann weite Fugen sich bilden. Hiernach ist ein r
grund dringend erforderlich, und man thut wohl, sich hie
vorher zu überzeugen, indem man das Sondireisen fleifsig
und in der Richtung der Wand den Boden aufgräbt.
aber beim Eintreiben der Spundpfähle bemerken sollte,
ein grofser Stein, den der Pfahl nicht seitwärts schieben
ein Stück Holz im Grunde liegt, so bleibt nichts übri
Pfähle wieder auszuziehn und durch Graben und Bagg
durch Anwendung von Zangen das Hindernifs zu entfer

brechung und zweimalige Wiederholung derselben Arbeit
ender und kostbarer, als wenn man vorher den Grund
sucht hätte. Auch im reinen Baugrunde mufs man für
ıte Erleichterung der Rammarbeit sorgen, denn jeder
roſse Kraftaufwand setzt die Spundpfähle schon in Ge-
shalb macht man, wenn Rostpfähle oder andere Pfähle
gerammt werden sollen, jedesmal mit dem Rammen der
den Anfang.

lie Spundwand, wie häufig geschieht, die Baugrube voll-
:hlieſst, und letztere wegen der Fundirung noch bedeu-
werden mufs, so entsteht die Frage, ob man die Spund-
oder nach der Vertiefung einrammen soll. Die
sind ohne Zweifel weniger ausgedehnt, wenn man sie
ırung der Spundwand vornimmt, weil man sie alsdann
diesen umschlossenen Raum beschränken darf, während
alle der umgebende Boden noch abgeböscht werden mufs.
·d die Ramm-Arbeit wesentlich erleichtert und das Ge-
lben mehr gesichert, wenn die Vertiefung vorangegangen
ist es nur Aufgabe, die Spundpfähle einige Fufs tief
hle der ausgehobenen Baugrube herabzutreiben und als-
ch die Wand so regelmäſsig und scharf schlieſsend bei
lnung ausführen, wie es sonst nicht möglich gewesen
mpfiehlt sich daher wohl unbedingt, mit der Vertiefung
zu machen. Auch wenn die Spundwand nur auf einer
hrt wird, wie etwa vor dem Pfahlroste einer Kaimauer, an
fe anlegen sollen, und nicht etwa ein nachtheiliges Ein-
benachbarten Bodens zu besorgen ist, möchte es passend
n Ausbaggern einer Rinne für die Spundwand den An-
hen.

·on den Rostpfählen schon bemerkt wurde, daſs man
:n Fällen, wo sich zufällig die Gelegenheit zur spätern Un-
erselben bietet, zuweilen Beschädigungen daran wahr-
nan beim Einrammen nicht bemerkte, so ist dieses bei
ı noch in viel höherem Grade zu besorgen. Sobald der
gegen einen harten Körper trifft, und von demselben
rückgedrängt wird, so springt die Feder oder eine der
ıt ab, und es entsteht alsdann eine weit geöffnete Fuge
ı, während die Köpfe der Pfähle, die man allein be-

obachten kann, regelmäfsig in einander greifen. Wenn abe
die Federn und Nuthen unversehrt bleiben, so kann man doc
verhindern, dafs vielleicht zwischen zwei Pfählen ein etwas gr
Zwischenraum sich bildet, durch den nicht nur Wasser, s
auch Erde und Sand hindurchdringen. Wollte man diesem
Uebelstande durch Eintreiben von keilförmig zugeschnittenen
len begegnen, wie zuweilen geschieht, so würde man dadur
Uebel nur verstecken, es aber keineswegs beseitigen, und sog
nachtheiligen Fugen in der Tiefe noch erweitern.

Von den Vorsichts-Maafsregeln, die man anwenden ka
eine möglichst dichte Spundwand darzustellen, wird im Fol
die Rede sein, doch lassen auch diese nur bei reinem Gru
günstiges Resultat erwarten. Volle Wasserdichtigkeit h
wohl nur in wenigen Fällen wirklich erreicht, dabei komt
der gute Schlufs der Federn in den Nuthen, der ohne wes
Erschwerung der Rammarbeit nicht darzustellen ist, wenig
tracht, vielmehr gehört dazu, dafs die Backen der Pfähle sic
an einander legen. Eine Wand liefse sich daher ohne Sp
sogar noch leichter wasserdicht machen, als mit derselben.

Bau einer Eisenbahnbrücke neben Potsdam gelang dieses du
Kernwand aus beschlagenem Balkenholze, woselbst die B
20 Fufs tief unter dem Wasserspiegel der Havel, der sie u
bar berührte, nicht nur trocken gelegt, sondern auch stu
trocken erhalten werden konnte, während die Pumpen aufs
tigkeit gesetzt waren.

Andrerseits gelingt es zuweilen, eine Spundwand dad
dichten, dafs man den umgebenden Grund aushebt, und
die Pumpen in kräftigem Betriebe sind, Sägespähne, Pferde
andere sich leicht zertheilende Stoffe, die ungefähr das sp
Gewicht des Wassers haben, von aufsen dagegen wirft, die
die Fugen der Wand getrieben werden, und diese schliefs
Durchquellen durch den Boden im untern Theile der Wa
unter derselben läfst sich freilich hierdurch nicht verhinder
bietet sich auch dazu die Gelegenheit, wenn in der Baug
Bétonbette dargestellt wird.

Indem beim Setzen eines Spundpfahles jedesmal die
die Nuthe des bereits eingestellten Pfahles oder umgekeh
schoben wird, so erhält derselbe hierdurch schon eine ziemli

rung. Man rammt die Pfähle aber niemals einzeln bis zur en Tiefe ein, sondern zwanzig bis dreifsig Stück werden auf al gesetzt und mit häufiger Verstellung der Ramme möglichst chmäfsig eingetrieben, ja es geschieht nicht selten, dass man mklötze von verschiedenem Gewichte anwendet und Anfangs sanfte Schläge giebt, während später die schwerere Ramme dar- kommt und die Pfähle zur vollen Tiefe herabtreibt. Bei einer fsen Ausdehnung der Spundwände verursacht diese Anordnung ne merkliche Vermehrung der Kosten, und trägt sogar wesentlich Beschleunigung der Arbeit bei. Man stellt nämlich mehrere men auf, von denen eine der andern folgt und versieht sie mit mklötzen von verschiedenen Gewichten. Beim Bau der Brücke Moulins benutzte Régemortes vier dergleichen Rammen, von de- eine nach der andern jeden Pfahl der Spundwand eintrieb. Die te hatte einen Klotz von 300 Pfund Gewicht, die zweite von 500, dritte von 700 und die vierte endlich von 1500 Pfund. Durch solches gleichmäfsiges Bearbeiten einer ganzen Reihe von Spund- hlen verhindert man es am sichersten, dafs sich zwischen je zweien zu starke Spannung bildet. Indem nämlich die benachbarten hle abwechselnd in Bewegung gesetzt werden, so gleicht sich ne entstehende Pressung zwischen Feder und Nuthe leichter aus, d die ganze Spannung verbreitet sich mehr gleichmäfsig über alle Pfähle. Es mufs noch bemerkt werden, dafs der Gebrauch der gewöhnlichen Scherramme bei den Spundwänden die Schwierigkeit macht, dafs die Scheren gerade in die Richtung der Wand treffen, also beim tieferen Eindringen der Pfähle den Klotz nicht mehr hal- ten können. Dieses wird jedoch möglich, indem man die Arme des Rammklotzes etwas rückwärts versetzt, oder vier derselben an die innere Fläche des Klotzes bringt, wodurch kein wesentlicher Uebelstand erzeugt wird.

Die Spundpfähle können wie die Spitzpfähle aus den meisten Holzarten bestehn, doch ist es bei ihnen noch nöthiger, dafs die Fasern recht gerade sind, weil sonst die Federn und die Backen der Nuthen leicht ausspringen. Aus diesem Grunde pflegt man gemeinhin Kiefernholz zu wählen. Die Länge der einzelnen Spund- pfähle mufs natürlich der Höhe der Spundwand gleichkommen, und es ist hierbei zu erinnern, dafs man die Spundwände nur über das kleinste Wasser vortreten läfst, wenn nicht ihre gröfsere Höhe

während des Baues zur Darstellung eines Fangedammes, o
Unterstützung der dahinter liegenden Erde dient. Die Tiefe,
man die Spundwand herabreichen läfst, richtet sich wieder n
Beschaffenheit des Grundes, jedenfalls ist sie aber geringer,
der Rostpfähle. Es ist gemeinhin auch nicht möglich, ihr ein
Tiefe zu geben, denn die Spundpfähle, die sich gegenseitig kl
erfahren einen so starken Widerstand, dafs sie nicht ohne
weit herab getrieben werden können. Insofern aber in g
Tiefe das Vorkommen von Wasseradern immer unwahrsch
wird, so ist es schon aus diesem Grunde nicht nöthig, di
besonders lang zu machen. Man giebt ihnen nur eine grofse
wenn die Gefahr eintritt, dafs eine starke Auskolkung da
erzeugen möchte, denn jedenfalls darf ihr Fufs durch diese
reicht werden und sie müssen sogar, wenn sie ihren Zweck
sollen, die nöthige Haltung im festen Boden finden. Wo
starkes Auskolken zu besorgen steht, ist es bedenklich, die
wand dem Angriffe des Wassers und dem einseitigen Dr
Bodens bloszustellen, und soweit dieses sonst zulässig ist, pf
sie noch auf der äufsern Seite durch Steinschüttungen zu s

Die Stärke der Spundpfähle ist theils von ihrer Lä
theils von der Festigkeit des Bodens abhängig, doch bleibt
in den Grenzen zwischen 4 und 10 Zoll. Wollte man Bo
wenden, die schwächer als 4 Zoll sind, so könnte man d
dung darin nicht mehr anbringen, und wenn die Pfähle eine
Stärke als 10 Zoll erhalten, so wird der Verlust an Holz d
Anschneiden der Federn zu kostbar, als das man die S
noch beibehalten könnte. Man pflegt alsdann nur eine sch
Wand zu bilden, in welcher die beschlagenen Pfähle stump
ander stofsen. In der Regel erhalten die sämmtlichen Spu
einer Wand gleiche Stärke, eine Ausnahme hiervon machen
weise die Eckpfähle, welche in den Ecken stehn, wo d
aus einer Richtung in eine andre übergeht, und demnäc
die sogenannten Bundpfähle, die den Anschlufs an eine
abzweigende Wand darstellen. Indem in beiden Fällen di
entweder sich nicht gegenüber stehn, oder eine dritte sol
seitwärts angebracht werden mufs, so ist es nothwendig,
Holz dazu anzuwenden, um dasselbe aber nicht zu verschn
werden darin nur Nuthen, aber keine Federn angeschn

versieht man daher die anschliefsenden schwächern Spund-
Schliefst die Wand eine Baugrube ein, worin ein Béton-
versenkt werden soll, so mufs man alle scharf einspringenden
vermeiden, da diese sich nicht sicher füllen lassen, und be-
leicht zu starken Quellungen Veranlassung geben. Es em-
sich daher, die vortretenden Ecken der Pfähle so weit zu
, dafs die innern Wandflächen sich unter stumpfen Winkeln
, wie Fig. 218 auf Taf. XVI zeigt.

Aufserdem glaubt man zuweilen eine in gerader Linie und ohne
ugung fortlaufende Spundwand dadurch zu verstärken, dafs
sie in gewissen Abständen durch stärkere Pfähle unterbricht,
Fig. 149 auf Taf. XII zeigt. Wenn solche Pfähle zugleich Rost-
sind, die also tiefer eingerammt werden sollen, so müssen
früher, als die zwischen stehenden, und zwar sehr sorgfältig ge-
und eingetrieben werden, dabei tritt aber der Uebelstand ein,
die Zwingen, welche bei Ausführung der Spundung nothwendig
, sich nicht so regelmäfsig und einfach anbringen lassen, weil
Pfähle die Fluchtlinien unterbrechen. Indem aber die Verbin-
der Spundwand mit den Rostpfählen, wie bereits erwähnt, sich
empfiehlt, auch der Zweck der Verstärkung der ersteren durch
che Pfähle aus dem angegebenen Grunde kaum noch erreicht
rden kann, so ist es nöthig, sie nur mit besonderer Vorsicht an-
wenden.

Was die Art der Spundung oder den Querschnitt der Federn
Nuthen betrifft, so mufs man von allen complicirten Formen
strahiren, die ein recht inniges Eingreifen veranlassen sollen, denn
bei den starken Schlägen der Ramme ist zu besorgen, dafs die Fe-
dern gerade in diesem Falle am leichtesten abbrechen und dadurch
die Fuge sich am weitesten öffnet. Ganz ohne Beispiel sind solche
Verbindungen aber nicht. Fig. 201 auf Taf. XV zeigt die Spundung,
welche Thunberg bei den Fangedämmen bei Carlscrona anwendete *),
und Fig. 202 diejenige Spundung, die ich einst bei einem Siel am
rechtseitigen Ufer der Elbe ohnfern Glückstadt sah. Im letzten Falle
wurde eine Feder, deren Querschnitt einen doppelten Schwalben-
schwanz bildete, zwischen zwei Nuthpfähle eingerammt, wie in der

*) *Essais de bâtir sous l'eau mis en oeuvre par M. Thunberg, publiés par Fellers.* Stockholm 1774.

Figur angedeutet ist. Am häufigsten kommt die in Fig. 203 stellte quadratische Spundung vor, wobei die Feder im Quer ein Quadrat bildet, dessen Seite gemeinhin dem dritten Th der Stärke des Pfahles gleich ist. Diese Feder läfst sich in bei schwächeren Spundpfählen oder bei den sogenannten Sp bohlen nicht mehr mit Sicherheit anwenden, weil sie bei Klemmung zu leicht abbricht. Aus diesem Grunde schmieg die Seiten der Feder, wie Fig. 204 zeigt. Man nennt dies Keilspundung, die zuweilen auch so gebildet wird, dafs der schnitt der Feder sich in ein gleichseitiges Dreieck verwandel sen Seite der halben Stärke des Spundpfahles gleich ist. indessen nicht vortheilhaft, die vordere Seite der Feder in eine Kante auslaufen zu lassen. Jedenfalls mufs zwischen der Fläche der Feder und der Rückwand der Nuthe einiger Spi bleiben, damit der scharfe Schlufs nicht hier, sondern zwisch Backen der Pfähle sich darstellt. Zuweilen werden die Fede Nuthen nur mit der Queraxt ausgearbeitet, dieses Verfahren dessen nicht zweckmäfsig und die Spundung mufs wenigst einem passend gestellten Hobel nachgezogen und die Profil mäfsig dargestellt werden, weil sonst bei dem erforderlichen s Schlufs die Reibung zu grofs würde, vortheilhafter ist es a Federn und Nuthen mit der Kreissäge einzuschneiden.

Die Spundpfähle werden gemeinhin, wie Fig. 205 zeigt, den breiten Seiten zugeschärft, wodurch sich unter der Spundwand eine fortlaufende Schneide bildet. Man darf indessen nicht an den einzelnen Pfählen abschnüren und a sondern man legt die bereits mit Federn und Nuthen ver Pfähle zusammen und versieht sie gemeinschaftlich mit der S Man vermeidet dadurch, dafs nicht vielleicht einzelne Pfähle bei ihnen die Zuschärfung etwas mehr nach einer Seite gen beim Einrammen die Tendenz zeigen, seitwärts in dieser R auszuweichen. Häufig schneidet man auch auf den schmale die Ecken ab, so dafs zwar unter jedem einzelnen Pfahle n Schneide bleibt, aber zwischen je zwei dieser Schneiden ei Zwischenraum sich bildet. Dieses Verfahren kommt in häufig vor. Fig. 209 stellt es dar. Régemortes versah die pfähle mit vollständigen Spitzen, die in beiden Richtungen Spitzen anderer Pfähle zugeschärft waren. Zuweilen schnei

Spundpfähle nur an einer Seite schräge ab, und zwar an der, wo Nuthe sich befindet, weil die beiden Backen zur Seite derselben Eindringen in den Grund besonders leicht beschädigt werden. 206 zeigt diese Anordnung, wobei man den Vortheil erreicht, der Pfahl mit seinem untern Ende an den bereits gesetzten sich ärfer anschiebt. Ich habe in Holland mehrmals in dieser Art Spundpfähle zurichten sehn, man ist indessen im Allgemeinen gen diese Zuschärfung an der schmalen Seite misstrauisch, indem zwischen zwei derselben gebildeten Zwischenräume leicht Ver-lassung geben können, die Pfähle auseinanderzutreiben. Wenn B. ein Ast im Grunde liegt und nach der Quere der Spundwand richtet ist, so wird derselbe, wenn er von der horizontalen Schneide troffen wird, entweder durchstofsen oder herabgedrückt werden, räth er dagegen in einen solchen Zwischenraum und werden die fähle zu beiden Seiten abwechselnd tiefer gerammt, so wirkt er e ein Keil auf die beiden gegen einander geneigten Flächen und ennt die Pfähle.

Um einer solchen Wirkung vorzubeugen und um gleichzeitig n Vortheil einer Zuschärfung in der erwähnten Richtung zu erichen, hat man zwei verschiedene Mittel angewendet, nämlich einal hat man aufser der ersten Schneide, die nach der Länge der Wand gerichtet ist, an jeden Pfahl noch eine zweite Schneide nach er Quere angebracht, die auf der äufsern Seite von einer senkrechn und auf der innern Seite von dieser schrägen Fläche begrenzt t. Fig. 207 zeigt das untere Ende eines auf diese Art zugeschärfn Pfahles. Demnächst aber hat man nach Fig. 208 die gewöhnche Schneide nicht horizontal gehalten, sondern sie ein wenig geeigt. Die letzte Form, die unstreitig einfacher als die erste ist, at Telford wiederholentlich angewendet, auch habe ich sie in den pundwänden mancher älteren Ruhrschleusen wiedergefunden.

In manchen Fällen ist es ganz entbehrlich, und es würde sogar nachtheilig sein, durch eine der erwähnten seitlichen Zuschärngen die Spundpfähle nach einer Seite zu drängen. Wenn etwa wei Eckpfähle nicht weit von einander entfernt sind, so wird man zwischen die sämmtlichen Spundpfähle gleichzeitig einrammen, nd diese bilden die regelmäfsigste Wand, wenn sie nach Maafsgabe er Reibung, die sie finden, sich in dem Zwischenraume gleichmäfsig ertheilen können. Zuweilen werden auch längere Wände in dieser Art

behandelt, indem man mit dem Einstellen und vollständigen
men einzelner Spundpfähle in Abständen von etwa 10 F
Anfang macht, zugleich aber dafür sorgt, dafs diese möglic
recht und in der Richtung der Wand stehn. Um diese B
zu erfüllen, müssen sie, nachdem sie eingerammt sind, noch
Fufs hoch frei stehn, weil man sich sonst von ihrem lot
Stande in beiden Richtungen nicht überzeugen könnte. Solch
dienen gleichzeitig zur Anbringung der Zwingen, wovon im
den die Rede sein wird. Sobald sie ihren festen Stand
haben, wird der Zwischenraum zwischen ihnen scharf geme
darnach die Anzahl und Breite der dazwischen zu stellende
pfähle bestimmt, so dafs diese ohne sich zu klemmen, se
eingebracht und unter Verstellung der Ramme gleichzeitig
ben werden können. Dieses Verfahren wurde beim Bau der S
am Ihle-Canale gewählt, und es gelang dadurch, die Spu
überaus regelmäfsig darzustellen.

Man versieht zuweilen die Spundpfähle mit Pfahls
und wenn man im Allgemeinen da, wo eine Spundwand ein
werden soll, einen ziemlich reinen Grund voraussetzen mufs
chem daher eine solche Vorsicht minder nöthig wäre, so ist
seits die Schneide leichter einer Beschädigung ausgesetzt
Spitze des Rostpfahles. Der Pfahlschuh besteht häufig nur
um die Schneide umgebogenen Bleche, welches aufgenag
zuweilen aber wird ein solcher ganz entsprechend den oben
benen Pfahlschuhen ausgeschmiedet. Fig. 209 zeigt diejeni
die für die dichte Pfahlwand (die jedoch keine Spundung h
Fangedamme vor St. Katharine's Dock zu London an
wurde. *)

Zu den Spundpfählen wird nicht trocknes, sondern f
Holz, oder doch solches angewendet, welches im Wasser
hat, auch müssen die daraus geschnittenen Spundpfähle ba
rammt oder wenigstens vor dem starken Austrocknen gesic
den. Der Grund, weshalb sie nicht austrocknen dürfen, i
dafs sie sich in diesem Falle werfen und theils, dafs
Setzen zu quellen anfangen. Man könnte freilich glauben,
ihnen noch ein besonders dichter Schlufs geben liefse, w

*) *Civil Engineer and Architect's Journal. II. p. 234.*

trocken in den Boden brächte, es wird alsdann aber die Arbeit schwierig und eben deshalb ist ein Brechen der Federn um so ihr zu besorgen. Die Federn können auch nur so lange die einzelnen Pfähle gehörig zusammenhalten, als dieselben willig folgen. Man bemerkt übrigens beim Einrammen von ziemlich trocknen Spundpfählen auch noch den andern Uebelstand, dafs die ganze Wand sich schrift und selbst die Zwingen seitwärts drängt. Die Feder ist 2 bis 3 Zoll lang, daher kann jeder Pfahl schon sehr merklich sich vom Nebenstehenden entfernen, ohne dafs die Feder aus der Nuthe tritt. Aus diesem Grunde erscheint es zwecklos, die Pfähle durch eine schräge Zuschärfung ihres Fufses recht fest gegen einander zu treiben, oder dieses durch später einzurammende keilförmige Zwischenpfähle zu thun, oder auch wohl dadurch, dafs man ein starkes Quellen des Holzes eintreten läfst. Da man jedoch auf ein geringes Quellen immer gefafst sein mufs, so ist es passend, jeden Pfahl so zu setzen, dafs er mit seiner Feder in die Nuthe des bereits gesetzten Pfahles eingreift. Letzterer quillt nämlich früher, daher erweitert sich die Nuthe und die Feder findet etwas mehr Spielraum, als im umgekehrten Falle. Von dieser Regel wird jedoch häufig abgewichen, und besondere Bedeutung ist ihr auch nicht beizulegen.

Das Einrammen der Spundpfähle wird vielfach durch manche Umstände erschwert und ist immer mit der Gefahr verbunden, dafs unter den Schlägen des Rammklotzes ein Bruch oder eine Trennung der Wand irgend wo erfolgt, die man gemeinhin gar nicht bemerken kann. Um einer solchen vorzubeugen, giebt es kein sicheres Mittel und man kann sich nur darauf beschränken, Alles zu vermeiden, was den Widerstand und die Klemmung vermehren möchte. Dazu gehört namentlich, dafs die Nuthe in allen Richtungen etwas Spielraum hat und dafs die einzelnen Pfähle nicht zu dicht gesetzt werden, wodurch ihre gegenseitige Reibung vergröfsert wird. Wenn sie vorsichtig bearbeitet, eingestellt und abwechselnd eingerammt werden, so pflegen sie den ihnen gegebenen Abstand auch beim tieferen Eindringen beizubehalten, und wenn ein Pfahl dem andern sich zu sehr nähert, so verursacht der stärkere Druck von dieser Seite, dafs bei dem fortgesetzten Rammen die Pfähle wieder einen etwas gröfseren Spielraum zwischen sich von selbst darstellen. Wenigstens wird dieses bei reinem Baugrunde geschehn. Damit ferner die einzelnen Pfähle nicht aus der Ebene der Wand ausweichen,

wobei die Federn oder Backen brechen, so ist es erforderli
jede Feder gleich Anfangs beinahe in ihrer ganzen Länge
Nuthe eingebracht wird und hierin auch immer bleibt, dara
aber, dafs die sämmtlichen Pfähle möglichst gleichmäfsig
rammt werden müssen.

Man darf nicht besorgen, dafs eine geöffnete Fuge den
der Spundwand vereiteln oder gar den Ruin des Gebäudes j
veranlassen wird. Wäre dieses der Fall, so müfsten solche
viel häufiger sein, als sie wirklich sind. Nichts desto weni
man dergleichen Trennungen doch möglichst zu verhindern
und dieses geschieht am sichersten, wenn man alle Spundp
frei setzt, dafs sie sich nicht klemmen und dafs jede zwei
barten Pfähle möglichst gleichzeitig eingerammt werden, d
Federn immer in der vollen Länge eingreifen. Um eine
wand lothrecht und möglichst regelmäfsig einzurammen, ist
wendig, den einzelnen Pfählen die gehörige Haltung zu ver
Dieses geschieht am sichersten, indem man feste Zwing
Lehren anbringt. Dieses sind zwei Balken, die entweder un
auf Pfähle verzapft oder auf andere Art befestigt sind,
zwischen sich einen Raum frei lassen, dessen Weite die St
Spundpfähle nach Maafsgabe der sorgfältigen Darstellung d
um 3 bis 6 Linien übertrifft. Hierdurch wird die Wand zw
gehalten, aber die Befestigung einer solchen Zwinge ist a
ständlich und kostbar, indem dazu gemeinhin besondere Pf
gerammt werden müssen. Régemortes benutzte hierzu diese
tung, die auch zu den andern Fundirungsarbeiten für den
bau gebraucht wurde. Diese Rüstung bestand nämlich in ve
Pfahlreihen, welche die Richtung der Spundwände kreuzte
Holme wurden an der passenden Stelle durchschnitten und
beiderseitigen Enden derselben Rahmstücke mit starken
befestigt, wodurch die Zwinge sich bildete. Zuweilen ran
die Rostpfähle der vordern Pfahlreihe schon früher als die
wand ein, und die über selbige treffende Rostschwelle kann
als die eine Hälfte der Zwinge benutzt werden, so dafs
noch auf der andern Seite für eine ähnliche zu sorgen brauc
ses Verfahren ist in Frankreich üblich, und wenn man die
wand auf die innere Seite der äufsern Pfahlreihe bringt,

h gegen die folgende Pfahlreihe die zweite Hälfte der Zwinge
ı und sonach das Einrammen von besonderen Pfählen ver-
Es ist indessen passender, die Rüstpfähle, welche die Zwinge
ıicht zu nahe an die Spundwand zu stellen, noch auch sie
ı tief und nahe neben einander einzurammen, weil hierdurch
ın neben der Spundwand zu sehr comprimirt wird. Wen-
starkes Balkenholz zu den Zwingen an, so wird eine Un-
ıg desselben in 8 bis 12 Fufs Abstand genügen, und man
ıhnlich noch Gelegenheit, durch Anbringen von Absteifung,
solche gerade nöthig sein sollte, ein Herausdrängen der
nach der Seite zu verhindern. Aufserdem aber kann man
e sehr sichere Stellung für die Zwingen hervorbringen,
ın in gewissen Abständen durch sie und durch die Spund-
hraubenbolzen hindurchzieht. Diese dürfen indessen natür-
: durch diejenigen Pfähle reichen, die man gerade einrammt,
ch mufs man sie bald hier und bald dort anbringen, wo-
cht eine grofse Menge von Bohrlöchern in die Wand kommt.
nders nachtheilig darf man diese Oeffnungen nicht ansehn,
er Aufmerksamkeit ist es auch leicht, sie jedesmal, sobald
der Zwinge vortreten, durch passende Pflöcke zu schliefsen.
e Zwinge ist in Fig. 210 *a* und *b* in der Ansicht von der
l im Querschnitt dargestellt. Dieselbe Figur zeigt auch,
er Art die Spundpfähle gesetzt werden. Man stellt sie
ehr schräge in die Zwinge ein und richtet sie alsdann auf,
sie sich nahe genug an die bereits stehenden herandrängen.
Stellung erhält man sie vorläufig durch eingeschlagene
n, sobald aber die ganze Anzahl von Pfählen, die man auf
tzen will, eingebracht ist, so zieht man in der Entfernung
en Zollen hinter dem letzten einen starken Schraubenbol-
ı die Zwinge und schlägt hier, jedoch keineswegs besonders
n passend geformten Holzkeil vor, der mit einer recht brei-
ıe sich gegen den letzten Spundpfahl lehnt, worauf jene
Klammern herausgenommen werden. Indem die feste Zwinge,
bisher allein die Rede war, ziemlich tief angebracht zu
pflegt, so mufs man befürchten, dafs die sämmtlichen zu-
setzten Pfähle sich unten stark zusammendrängen und oben
ıder entfernen. Dieses verhütet man am sichersten durch

lose Zwingen, die häufig gleichzeitig mit den festen benu den, wie dieses z. B. durch Régemortes geschah, oft vertr aber auch vollständig die Stelle von jenen.

Beim Einrammen der Spundpfähle mufs man auf jene sehr aufmerksam bleiben, zuweilen springen sie heraus u häufiger stellen sie sich so fest, dafs die Backen der N nächsten Pfahles, die sie nur auf eine kurze Länge treffen, z werden. Man mufs daher in kurzen Zwischenzeiten ih lung untersuchen und sie entweder fester eintreiben oder l ist indessen vortheilhaft, denjenigen Pfahl, gegen welchen sie nen, nicht tief einzurammen, und wie die Figur zeigt, di in sanftem Uebergange gegen das jedesmalige Ende der W steigen zu lassen.

Fig. 211 stellt die von Wiebeking vorgeschlagene fest dar, die auf schräge eingerammten Pfählen ruht, wobei starke Compression des Bodens unmittelbar neben der Sp vermieden, und aufserdem der Vortheil erreicht wird, dafs pfähle unter der Zwinge, wenn sie auch nur lose eingeram doch diese wegen ihrer schrägen Stellung sicherer stützen.

Wenn man vor der Ausführung der Spundwand die bis zur nöthigen Tiefe ausgebaggert hat, wie oben empfohle so trifft die Wand auf den Fufs der Dossirung, oder a noch in dieselbe, und indem sie in beiden Fällen auf der ei einem stärkeren Erddrucke, als auf der andern Seite ausg so hat jeder Pfahl die Tendenz, die lothrechte Stellung zu und mit seinem untern Ende weiter nach der Baugrube h dringen. Einem solchen Ueberneigen können die beid Zwingen, wenn sie in gleicher Höhe angebracht sind, nich gen und es wäre passender diejenige, welche auf der Land befindet, möglichst hoch, und die gegenüber befindliche tief zu verlegen. Bei den Spundwänden, welche die Sch Ihle-Canals umgeben, wurde diese Vorsicht angewendet, wie auf Taf. XVI zeigt. Hinter die Spundwand wurden Pfähle im von etwa 10 Fufs eingerammt, die Köpfe derselben horizon schnitten und der hintere Rand der obern Zwinge darauf abg Diese Linie bezeichnete die Blattzapfen, mit denen die Pf sehn, und woran mittelst versenkter Schraubenbolzen di befestigt wurde. Nunmehr rammte man vorsichtig unter

ter Beobachtung des Lothes, und zwar in beiden Richtungen, n Spundpfähle ein, die wie bereits erwähnt als Leitpfähle dienen llten. Sobald sie fest standen bolzte man unmittelbar über dem sserspiegel die untere Zwinge dagegen, die in Verbindung mit r obern Zwinge die dazwischen gestellten Spundpfähle verhin-rte, aus dem Lothe zu weichen.

Was die losen Zwingen betrifft, so zeigt Fig. 212 ihre An-dung. Sie unterscheiden sich von den festen theils durch die ringere Holzstärke (häufig sind es nur starke Bohlen) und theils durch, dafs sie allein gegen die Spundwand, nicht aber gegen an-re Pfähle befestigt werden. Ein Verstellen der Zwingen wieder-lt sich hierbei sehr häufig, und eine gröfsere Zahl von Bolzenlö-ern mufs dabei durch die Wand gebohrt werden. Man kann diese öcher nach dem jedesmaligen Abnehmen der Zwinge sogleich mit ölzernen Nägeln schliefsen und letztere von beiden Seiten abhauen, odurch sie in keiner Beziehung schädlich bleiben. Es ist noch zu merken, dafs das Durchziehn von Schraubenbolzen bei der losen winge nicht zu vermeiden ist, wenn man nicht etwa die auf ein-al gesetzten Pfähle ganz für sich behandeln will. Sind die Spund-ähle schon zu einer grofsen Tiefe eingedrungen, so dafs sie fest i Boden stecken, so kann man alle Zwingen entbehren, aber es t dennoch immer nothwendig, sie nicht zu lange einzeln einzuram-en, sondern noch die Ramme zu verstellen.

Um die Spundwand mit einem Fachbaume zu versehn, wird i alle Pfähle ein durchlaufender Zapfen angeschnitten, der in das apfenloch des Fachbaumes pafst, welches sich in diesem Falle in ne Nuthe verwandelt, man pflegt aber von einzelnen Pfählen die apfen durch die ganze Höhe des Fachbaumes hindurchgreifen zu ssen, so dafs sie von oben aus verkeilt werden können, wodurch e Verbindung besonders fest wird. Indem eine schwache Spund-and nicht die nöthige Breite hat, um einen starken Fachbaum :her zu unterstützen, so werden daneben noch besondere Pfähle ein-rammt, die den letztern tragen und sein Kanten verhindern. Spund-inde von sehr geringer Stärke pflegt man aber nicht mit Fach-umen zu versehn, sondern die Pfähle einzeln an Rostschwellen zu geln, oder auch wohl an beiden Seiten gegen Zangen zu lehnen, i unter sich mit Schraubenbolzen verbunden sind.

Es ist bereits des bedeutenden Aufwandes an Holz bei Dar-

stellung der gewöhnlichen Spundwände gedacht worden. W
der einzelne Pfahl in der Richtung der Wand 10 Zoll
mit einer Feder von 2 Zoll Höhe versehn wird, so nim
der Wand nur die Länge von 8 Zoll ein, weil die Fed
Nuthe des nächsten Pfahles eingreift. Die Gesammtlänge al
in der Richtung der Wand gemessen mufs also um den vie
gröfser sein, als die der Wand ist, und das Verhältnifs
ungünstiger, wenn die Pfähle schmaler, oder die Federn h

Um diesem Uebelstande zu begegnen versieht man
die Pfähle nur mit Nuthen, und schiebt in je zwei nebe
befindliche Nuthen eine Feder ein, die beide füllt, und
schieht dieses gemeinhin erst später, nachdem die Pfäl
eingerammt sind. Die Feder läfst sich auch in der That n
einbringen, da sie nicht gehörig gehalten werden kann,
gar die Pfähle aus einander treiben würde, sobald sie z
verschiedener Richtung der letzteren aus einer Nuthe austr
Wenn indessen die frei neben einander gestellten Pfähle
selbe Richtung behalten, also nicht in ihrer ganzen Länge
genau auf die andre trifft, so ist auch das spätere Einsch
ser Federn unmöglich und am wenigsten darf man erwa
die ausgewichenen Pfähle durch die Federn wieder paral
werden sollten. In solchem Falle wird die Feder, wen
gewaltsam eintreibt, entweder selbst in der Mittellinie sp
eine der anschliefsenden Backen zerbrechen.

Zu gleichem Zwecke ist auch vorgeschlagen worden
selnd die Spundpfähle mit zwei Nuthen und mit zwei glatte
zu versehn, durch die letzten aber an zwei Stellen Rie
die ganze Breite des Pfahles durchzuziehen, welche mit ihr
in die beiderseitigen Nuthen eingreifen. Dabei bleiben
Fugen ganz offen, und indem bei eintretender Divergenz
jene Zapfen auf einzelne Punkte in den Backen den D
üben, so ist das Ausbrechen der letzteren um so mehr zu

Will man die Federn beibehalten und zugleich den
Material vermeiden, so dürfte der passendste Ausweg n
sein, die Federn aufzunageln. Da man aber in al
auf die Haltbarkeit der Federn, wie der Backen neben d
kein grofses Gewicht legen darf, so dürfte sich wohl vo
empfehlen, wie auch in England ziemlich allgemein ges

ernwänden die Spundung ganz fortzulassen, und die bearbeiteten Hölzer nur stumpf neben einander einzu-

n der Baugrund ziemlich rein, auch die Wand nicht höher 5 Fuſs ist, so pflegt man statt der Spundwand, eine Stülp- wählen, die sowol in der Ausführung, als auch in Be- auf die Beschaffung des Materials viel wohlfeiler ist. *a*, *b* und *c* auf Taf. XVI. zeigt eine solche in der Seiten- m Grundriſs und im Querschnitt. Nachdem einige Pfähle lichtung der Wand leicht in den Grund gestoſsen sind, man daran hochkantig eine Bohle, die zunächst als Lehre r zur Verbindung der Stülpwand dient. Neben derselben an Bretter von etwa 2 Zoll Stärke, die unten zugeschärft der Handramme so ein, daſs sie sich nicht berühren, viel- ischenräume von 2 bis 4 Zoll frei lassen. Letztere schlieſst lann durch andere Bretter, welche an derjenigen Fläche, ie die ersten berühren, mit Scheiden versehen sind, also rammen sich von der ersten Reihe nicht entfernen. Zu veiten Brettern werden gewöhnlich die äuſsern Schaldielen t. Die in solcher Weise dargestellte Wand wird schlieſs- ene hochkantige Bohle genagelt.

eilen wird die Spundwand auch in der Art ausgeführt, daſs le in Abständen von etwa 6 Fuſs eingerammt und Bohlen r oder halben Spundung nicht vertikal zwischen dieselben ondern in horizontaler Lage herabgeschoben werden, 221 *a*, *b* und *c* in der Seiten-Ansicht, im Grundriſs und itt zeigt. Solche Wand läſst sich natürlich nur so weit fortsetzen, als der Boden aufgegraben oder ausgebaggert eigentlichen Zwecke der Spundwand gehen sonach dabei nichts desto weniger kann auch diese Anordnung in man- len, wie z. B. bei Umschliessung einer Baugrube, behufs ng des Bétonbettes und bei Fangedämmen noch räthlich gewährt den Vortheil, dass die Rammarbeit eine geringere ng erhält und man kann dabei noch ziemlich sicher mehrere r das Wasser herabgehn, indem die Bohlen von oben ein- nd nach und nach mit der Handramme gleichmäſsig her- n werden, doch ist es dabei nothwendig, daſs die Nuth- hr sorgfältig eingestellt sind. Beim Bau der Eingangs-

schleuse aus dem Rhein nach dem *Ill*-Canale bei Strafsburg
man auf solche Art die Umschliefsung der vorher ausgebag
Baugrube dargestellt, worin der Béton später versenkt werden
und auch in andern Fällen, besonders in Frankreich, sind
Wände zu ähnlichen Zwecken benutzt worden. Ich habe
in einem Falle Gelegenheit gehabt, zu bemerken, dafs diese
welche zur Einschliefsung des Bétons dienten, nicht nur g
regelmäfsig herabgesunken, sondern sogar aus den Nuthen
gefallen waren, während bei ihrem Herabstofsen diese U
mäfsigkeit sich nicht zu erkennen gegeben hatte.

Die Anwendung gufseiserner Spundpfähle ist in
Zeit in England nicht ungewöhnlich, besonders, wenn ma
sowohl eine Unterspülung des Grundes verhindern, als vielm
während des Baues einen starken Wasserzudrang abhalt
In diesem Falle werden die Spundpfähle, sobald der G
beendigt ist, wieder herausgezogen, und insofern das G
nicht quillt und seine Oberfläche nicht in der Art angegriff
wie die des Holzes, so ist das Einrammen und das Wieder
leichter, auch sind solche Spundpfähle keiner Abnutzung unte
Alle diese Umstände empfehlen sie besonders, wenn der P
Holzes sehr hoch steht und das Gufseisen dagegen verhältni
wohlfeil ist.

Schon beim Bau des George's Docks in Liverpool wu
Jahre 1825 dergleichen gufseiserne Spundwände statt der
dämme angewendet.*) Nachdem nämlich auf etwa 30 Fuf
die Rostpfähle eingerammt waren, wurde ein viereckiger
hochkantig an die Pfähle gelehnt, so, dafs er sie von
umgab, um aber ein Einbiegen desselben zu verhindern,
zugleich die beiden langen Seiten des Rahmens durch zwe
gegen einander abgesteift. Alsdann setzte man die Spu
von aufsen gegen den Rahmen und rammte sie ein. Si
10 Fufs lang und bestanden aus zwei verschiedenen Ar
gufseisernen Platten oder Bohlen die Fig. 222 in den
Ansichten, in den Längen-Durchschnitten und in ihrer Zu
setzung zeigt. Die eigentlichen Spundpfähle *a* und *b* waren
breit, 1 Zoll stark, an beiden Seiten mit umgebogenen

*) Strickland, *Reports on Canals, Railways, Roads etc.*

der Mitte mit je einer Verstärkungs-Rippe versehen. An
ɔfe waren Verstärkungen angegossen, welche die Schläge
ıme aufnahmen. Sie wurden mit der flachen Seite an jenen
in der Art gestellt und eingetrieben, dafs sie sich unmittel-
ihrten. Zu ihrer Verbindung und zur Schliefsung der Fugen
ı ihnen dienten andere, ähnlich geformte Pfähle *c* und *d*,
ls von 1 Zoll Stärke jedoch nur 8 Zoll breit. Auch diese
ımgebogene Ränder, aber ohne Verstärkungs-Rippen. Ihre
ɣaren gleichfalls verbreitet und zwar auf der convexen Seite,
ɹei der Zusammensetzung der Wand die sämmtlichen Köpfe
ɴn äufsere Fläche vortraten, wie *e* zeigt. Aus der letzten
rgiebt sich, wie die umgebogenen Ränder über einander
und die ganze Wand verbinden. Die punktirten Linien
ıen aber die Querschnitte der Pfähle unter den Köpfen.
ˈher, welche man in den Figuren a und c bemerkt dienen
ɜziehn der Pfähle, sobald die Wand ihren Zweck erfüllt hat.
t diesem ersten Versuche hat man denselben vielfach und
ıit verschiedenen Modificationen wiederholt. Indem man
: noch die breiteren Pfähle mit den umgebogenen Rändern
lt, stellte man die Verbindungs-Stücke aus gewalztem star-
enbleche und zwar in derselben Form dar. Man erreichte
den Vortheil, dafs die Ränder noch gehörig in einander
wenn die ersten Pfähle auch nicht genau parallel und in
htigen Abstande von einander eingerammt waren. Ueber-
ſsen sich bei verschiedenen Breiten der Bleche und ver-
en Krümmungen derselben auch leicht die Fugen in den
ler Spundwand überdecken.

lann wurden die Verbindungs-Stücke vielfach ganz fortge-
ndem jeder Spundpfahl an einer Seite mit einer Nuthe ver-
ır, worin wie bei hölzernen Pfählen der folgende eingriff,
an verwandelte die ganze Spundung in eine halbe, wie
3 im Grundrisse zeigt. Diese Anordnung wurde beim Bau
t-India Dock in London gewählt. Dabei wurde jedoch die
n Abständen von 7 Fufs durch stärkere und längere gufs-
Pfähle unterbrochen, zwischen die jedesmal je 5 Spundpfähle
wurden. Die letzteren hatten 2 Verstärkungs-Rippen.*)

---

ransactions of the Institution of Civil of Engineers I. pag. 195.

Andre Modificationen bezogen sich darauf, dafs man die Verstärkungs-Rippen nicht nur auf der innern, sondern zugleich auch auf der äufsern Seite vortreten liefs, und man die Anzahl derselben bei zunehmender Breite der Pfähle vergröfserte. In neuster Zeit hat man indessen überhaupt nicht mehr einzelne Spundpfähle dargestellt, diese vielmehr zu Platten von etwa 6 Fufs Breite vereinigt, die den ganzen Zwischenraum zwischen den gufseisernen Pfählen umspannen. Es wäre auch noch zu erwähnen, dafs man bei Darstellung der Spundwand aus einzelnen Pfählen diese mitweilen am untern Ende noch mit einem Lappen versehn hat, der über den bereits eingestellten Pfahl übergreift und dadurch, gleich der innern Backe einer Nuthe, beide Pfähle in derselben Ebene erhält. Ein solcher Lappen, am untern Ende des Pfahles A (Fig. 223) angegossen, ist durch die punktirten Linien angedeutet, und man sieht leicht, wie dieser in Verbindung mit der auswärts vortretenden Backe diesen Zweck erfüllt, wenn der Pfahl B schon früher eingestellt war.

Ueber das Einrammen der gufseisernen Pfähle ist nur zu bemerken, dafs man sehr starke Schläge dabei vermeiden mufs. Man wendet daher in diesem Falle nicht die Kunstramme an, oder lä wenn dieses geschieht, den Klotz nicht höher als 3 bis 4 F heben. Dabei werden freilich auch gufseiserne Rammklötze a wendet, aber auf den Pfahl wird gewöhnlich, um den Schlag mäfsigen, ein hölzerner Aufsetzer gestellt, der oft nur aus e Bohle harten Holzes besteht.

§. 40.
Die Grundsäge.

Wenn die Baustelle mit einem Fangedamm umgeben trocken gelegt wird, so hat man Gelegenheit, die Pfähle mi wöhnlichen Sägen abzuschneiden und mit Zapfen zu versehn, man dagegen die Fangedämme ganz umgeht, oder wenn mar der später zu beschreibenden Fundirungsart in Caissons Geb machen will, so müssen die Pfähle unter Wasser horizontal genau in der bestimmten Höhe abgeschnitten werden, wozu

rundsäge dient. Es kommen indessen auch andere Fälle nicht
ten vor, wo man Pfähle in gröfserer oder geringerer Tiefe unter
asser abschneiden mufs, und dieses geschieht auch, wenn es sich
rhaupt nur um die Entfernung der Pfähle handelt und ein Aus-
hn derselben zu viele Schwierigkeiten machen würde.

Der letzte Fall ist der einfachste, indem es dabei am wenigsten
rauf ankommt, dafs der Schnitt genau in einer vorher bestimmten
efe und horizontal geführt wird. Man braucht hierbei nur eine
f gewöhnliche Art eingespannte Säge mit einem langen
iele zu versehn, so dafs sie schräge von einer Rüstung aus oder
ch wohl von einem gehörig festgelegten Nachen bewegt werden
nn, doch mufs sie zugleich durch eine Stange oder durch ein
il gegen den abzuschneidenden Pfahl angedrückt werden. Ich
be mit solchen Sägen mehrfach einzelne Pfähle in der Tiefe bis
Fufs unter Wasser abschneiden lassen, und wenn die Arbeit
ch langsam von statten ging und dabei wenigstens drei Mann
gestellt werden mufsten, so liefs sich doch die Absicht jedes-
al sicher ausführen. Aehnliche Vorrichtungen sind zu demselben
wecke vielfach benutzt worden.

Das Sägeblatt wird in einen Bügel eingespannt, der solche
eilhöhe haben mufs, dafs man ohne Verstellung der Säge, den
fahl ganz durchschneiden kann. Aufserdem mufs die Richtung
r Säge mit der des Stiels übereinstimmen, und an letzterem be-
ndet sich ein Querarm, der von zwei Arbeitern hin- und herbe-
egt wird. Das Sägen wird aber noch erleichtert, wenn der Stiel
icht frei schwebt, vielmehr sicher unterstützt wird. Man legt ihn
twa in den Einschnitt einer Bohle, aus dem er sich nicht ent-
rnen darf. Alsdann haben die Arbeiter nur darauf zu achten,
afs die Handhabe beständig horizontal bleibt, wodurch jedes starke
lemmen vermieden wird. Mittelst einer Leine wird die Säge beim
eginn der Arbeit bis zu der erforderlichen Tiefe am abzuschnei-
enden Pfahle herabgelassen und alsdann durch eine zweite Leine,
ie am besten an einem der beiden eisernen Arme neben dem
ägeblatte ihre Befestigung findet, gegen den Pfahl angedrückt.
s darf kaum erwähnt werden, dafs die Säge nicht andre Pfähle
ler den Boden berühren darf, und überdies ist es gut, die Zähne
r Säge stark zu schränken oder sie recht weit aus der Ebene
s Blattes heraustreten zu lassen, damit der Schnitt möglichst

weit geöffnet wird, so dafs die Säge sich frei darin bewegen ka
Die Leine, womit die Säge angezogen wird, mufs nicht zu st
gespannt werden, denn es kommt hierbei weniger darauf an,
solche Arbeit, die sich nur selten wiederholt, möglichst zu
schleunigen, als vielmehr alle Zufälligkeiten zu vermeiden, wod
der Apparat zerbrochen oder unbrauchbar werden könnte.

Wenn dagegen Rostpfähle in einer vorher bestimmten T
genau und zwar horizontal abgeschnitten werden sollen, so ist h
zu der erwähnte einfache Apparat nicht mehr ausreichend.
mufs die Säge alsdann in ein Gatter einspannen, das sich horizo
einstellen und in die verlangte Tiefe bringen läfst. Eine
Rüstung kann man hierbei nicht füglich entbehren, obwohl
Cessart erzählt*), dafs er beim Bau der Kaimauer zu Rouen
Kostenersparung wegen gezwungen worden sei, die Rüstung
zulassen und die Grundsäge zwischen zwei Schiffen aufzustellen
fügt aber hinzu, dafs nicht nur die Sägeblätter dabei oft bra
und die Schnitte unregelmäfsig ausfielen, sondern dafs aufser
auch die Arbeit sehr viel Zeit in Anspruch nahm. Die
Rüstung war aber gewifs unter den dortigen Verhältnissen, w
Folge des starken Fluthwechsels der Wasserstand sich fortwäh
ändert, dringend geboten.

Wenn die Holme einer Rüstung horizontal verlegt sind,
braucht man auf dieselben nur den Schlitten, der die Säge
hin und her zu schieben, um alle Pfähle ohne weiteres Vers
der Säge horizontal abzuschneiden. Ist das Gewicht des Schlit
bedeutend, so läfst man ihn auf Rollen oder Rädern laufen, und
weilen versieht man ihn noch mit einer Querbahn, worauf
zweiter Schlitten ähnlicher Art steht. Alsdann kann man
zwei Richtungen die Verschiebung vornehmen und auf diese
alle Rostpfähle in den verschiedenen Pfahlreihen abschneiden.
kommen indessen solche complicirte Vorrichtungen nur da vor,
man in gröfserer Tiefe die Säge gebrauchen will. Am häufig
geschieht es, dafs man einen Rahmen, der in der angemess
Tiefe das horizontal gestellte Sägeblatt trägt, mit erhöhten H
haben versieht und ihn unmittelbar auf der Rüstung hin- und
schieben und zugleich gegen den Pfahl andrücken läfst. I

*) *Description des travaux hydrauliques. I. p. 234.*

lfach benutzte Vorrichtung ist so einfach, dafs sie keiner nähern schreibung bedarf, und es wäre kaum darauf aufmerksam zu chen, dafs die beiden abwärts gerichteten Stiele, welche die Säge gen, durch schräge Bänder gehörig verstrebt sein müssen.

Zu diesen einfacheren Säge-Apparaten gehört auch der Fig. 252 f Taf. XIX. dargestellte, den der Ingenieur Pochet zusammensetzte d bei verschiedenen Brückenbauten benutzte.*) Der Rahmen, der e Säge trägt, ruht auf 4 eisernen Rädern, die auf Geleisen laufen, er durch so kurze Achsen mit einander verbunden sind, dafs der forderliche Seitendruck nicht durch Anrücken der Bahn veranfst werden kann, hierzu dient vielmehr eine Leine, deren beide den die Säge fassen, und die durch ein mäfsiges Gewicht von bis 10 Pfund nach dem abzuschneidenden Pfahle gezogen wird. und *b* sind die Ansichten von der Seite und von vorn, und *c* igt die Säge von oben. Der Bügel, den man hier bemerkt, ist er nicht unmittelbar an der letzteren, vielmehr etwas weiter aufärts zwischen den Stielen angebracht, und derselbe tritt so weit rück, dafs ohne Verstellung des Wagens und der Bahn der Pfahl nz durchgeschnitten werden kann. Zwei Mann genügten beim Gebrauche dieser Säge, und wenn dieselben sich mit zwei andern von Zeit zu Zeit ablösten, so konnten sie in einem Tage 15 bis 20 Pfähle in der Tiefe von 8 Fufs unter Wasser abschneiden.

Diese Säge hat auch später bei andern Bauten Anwendung gefunden. So beim Brückenbau über die Loire zu Nantes**), sie wurde daselbst freilich nur für die mäfsige Tiefe von 1 Fufs unter Niedrigwasser eingerichtet, aber es zeigte sich bald, dafs sie ohne Schwierigkeit auch bei allen Wasserständen des Fluthwechsels benutzt werden konnte.

Bei diesen Apparaten wird nicht nur die Säge, sondern auch die Rüstung, worin sie eingespannt ist, und mit derselben der schwere Schlitten oder Wagen hin- und hergeschoben, wodurch eine gröfsere Betriebskraft bedingt wird, als zu der Bewegung der Säge allein erforderlich wäre. Dabei kommt aber nicht nur die Reibung zwischen den auf einander schleifenden Maschinentheilen in Betracht, sondern auch der Widerstand, den das Wasser auf die

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1846. *I. pag.* 328.
**) *Annales des ponts et chaussées.* 1865. *I. pag.* 53.

herabreichenden Stiele ausübt, welche die Säge tragen. Zweifel läfst sich der Schnitt auch schärfer und ebener ausfü wenn man die Säge mit ihrer Fassung auf einem festen und fältig bearbeiteten starken Rahmen in der verlangten Tiefe hin- hergleiten läfst.

Ein Apparat dieser Art wurde bereits im Jahre 1738 Etheridge zusammengestellt und beim Bau der Westminster-Br in London benutzt. Eine Rüstung von Schmiede-Eisen, die im gemeinen eine pyramidale Form hatte, wurde zur Seite des schneidenden Pfahles herabgelassen und an denselben befe während sie gleichzeitig im Hebezeuge hängen blieb. Ihre G fläche brachte man in diejenige Ebene, wo der Schnitt gesch sollte. Die Säge war in ein Gatter eingespannt, das sich mi vier Leitstangen in einem Rahmen hin- und herschieben liefs. Gatter erhielt die Bewegung durch Leinen, die über Rollen ge waren und abwechselnd angezogen wurden. Um das Vorrücke Säge gegen den Pfahl zu bewirken, war auch der ganze Rahmen, die vier Leitstangen des Gatters umfafste, beweglich, und liefs er sich normal gegen die Richtung der Säge verschi Dieser Rahmen wurde durch zwei andere Leinen, die von e angemessenen Gewichte in Spannung erhalten wurden, immer g den Pfahl gepreſst und sonach rückte die Säge in demselben M wie sie tiefer einschnitt, auch weiter vor. Diese Beschreibung von der Anordnung der Maschine im Allgemeinen einen B geben, die Mittheilung der Specialien scheint aber überflüssig man seitdem nicht wieder davon Gebrauch gemacht hat, aucl ganze Aufstellung nicht besonders fest sein mochte.*)

Wichtiger ist die Maschine, welche de Cessart bei den dirungen in Caissons und zwar zuerst bei der Brücke zu Sa benutzte.**) Diese Vorrichtung unterscheidet sich von jener vortheilhaft dadurch, dafs der Rahmen, worauf die Säge ruht, mi einer Zange, die von oben geschlossen werden kann, den I umfafst, und zwar geschieht dieses unterhalb des Sägeschnittes dafs die Verbindung nicht gelockert wird, wenn der Pfahl

*) Beschreibung und Abbildung dieser Maschine findet man in E weins prakt. Anweisung zur Wasserbauk. Heft I.

**) *De Cessart, travaux hydrauliques. I. p.* 71.

schon nahe durchschnitten ist. Die Bewegung wird der Säge mitgetheilt durch ein ziemlich complicirtes Hebel-System. Die obern Enden der beiden Hebel ruhen in Führungen auf einem Wagen, der jedoch nur bewegt wird, um den ganzen darauf ruhenden oder hängenden Apparat an einen neuen Pfahl zu bringen. Endlich kann die Säge zugleich mit dem Rahmen, worin sie sich bewegt, mittelst zweier gezahnten Stangen, in welche Zahnräder eingreifen, auch weiter vorgeschoben werden, um immer frisches Holz zu fassen.

Die specielle Beschreibung und Zeichnung der ganzen Einrichtung, die man seit Einführung der Kreissägen wohl nicht mehr benutzen dürfte, umgehe ich, wenn sie auch im Anfange dieses Jahrhunderts beim Bau des Pont des Arts in Paris nochmals gewählt wurde.*) Man führte jedoch in diesem Falle die Aenderung ein, dafs das Hebel-System etwas vereinfacht wurde, auch die Arbeiter die Zugstangen nicht mehr vor und zurück, sondern wie bei Feuerspritzen auf und ab bewegten.

Mit jener Säge schnitt de Cessart Anfangs nur die Pfähle ungefähr 7 Fufs unter Wasser ab, beim siebenten Pfeiler der Brücke zu Saumur wurde aber die Tiefe, in welcher die Säge wirken sollte, auf mehr als 15 Fufs unter dem Wasserspiegel bestimmt. Die Maschine verrichtete ihren Dienst mit voller Sicherheit und Perronet, der auf die Baustelle zur Inspection gekommen war, untersuchte die Pfahlköpfe und fand sie sämmtlich in der gehörigen Höhe abgeschnitten. De Cessart machte hierbei den Versuch, einzelne Pfähle zuerst 4 bis 5 Linien zu hoch abzuschneiden, darauf aber die Säge richtig einzustellen. Sie schnitt alsdann dünne Scheiben von 2 Linien Stärke ab, welche, ohne zu zerbrechen, sich lösten und an die Oberfläche des Wassers traten. Sie gaben den deutlichsten Beweis von der Genauigkeit, womit die Säge eingestellt und in Wirksamkeit gesetzt werden konnte. Ein Pfahl von 9 bis 10 Zoll Durchmesser wurde etwa in 4 Minuten durchschnitten, man konnte aber auch 18 Zoll starke Pfähle noch damit abschneiden. Das Verstellen nahm jedoch so viel Zeit fort, dafs man an einem Tage nicht mehr als zwanzig Pfähle abschnitt. War die Säge ein-

*) Schulz, Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Seite 82.

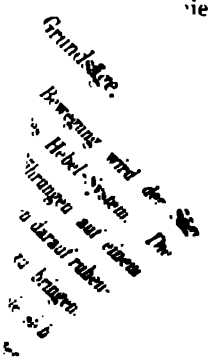
herabreichenden Stiele ausübt, welche die
Zweifel läfst sich der Schnitt auch schärfe
wenn man die Säge mit ihrer Fassung
fältig bearbeiteten starken Rahmen in
hergleiten läfst.

Ein Apparat dieser Art w
Etheridge zusammengestellt un
in London benutzt. Eine Rä
gemeinen eine pyramidale
schneidenden Pfahles he
während
fläche
sollte.
vier I
Gatt
war
Säg
d
li

gleichmäfsig bewegten.
rke eiserne Schraubenspind
ehäuse befestigt, durch welc
durchgriffen. Letztere wurde dur
und her bewegt, und mit einer
der Wagen in dem Maafse, wie der
vorgeschoben.*)

Die eissäge, welche in neuerer Zeit vielfach
angew angewendet wird, hat man auch verschi
dem P zu benutzen versucht, und die Resultate
wie end ausgefallen, was sich wegen der einfachere
ve erwarten läfst. Der Rahmen, den man sonst
hin- und herzuführen, fällt dabei fort, wo
Befestigung der Achse nöthig wird, um welche die
bleibt. Die Drehung erfolgt gewöhnlich durch eine
dazu z. B. beim Bau der Brücke zu Bordeaux gesch
hierbei auf grofse Geschwindigkeit der Arbeit nicht
folgt, so möchte dieses auch immer genügen. Zuwe
aber, um die Arbeit etwas zu beschleunigen und u
bequemer bewegen zu können, letztere an eine hori
befestigt, die mit einem conischen Rade in ein Getr
Andrerseits hat man auch statt des Rades und G
Schnur ohne Ende gewählt, wodurch sich die Ansch
etwas ermäfsigen. Dieses ist z. B. bei der Säge gesc

*) *Annales des travaux publics.* 1844. *pag.* 336.



ie in Berlin zum Abschneiden der Rost-
ufs unter Wasser benutzt wurde.
mit einer Vorrichtung versehn sein
neidenden Pfahl näher herange-
ührt werden, und nur wenn
kann man sich damit be-
hn ist, nur das untere
. gegen den Pfahl zu
n der Kreissäge zu be-
en befestigt sein, der bei un-
bewegt. Bei festen Rüstungen ist
chen, da man hier eine Absteifung des
tung vornehmen und seine Bewegung durch
n oder Räder erleichtern kann. Die Achse der
ner diejenige Länge haben, welche der gröfsten Tiefe
, in der man noch den Schnitt ausführen will, und die
mufs sich am äufsersten Ende befinden, damit sie möglichst
über dem Grunde wirken kann. Damit die Achse weder bricht,
auch sich biegt, so mufs die eine der beiden Pfannen, in wel-
sie sich dreht, möglichst nahe über der Säge befindlich sein.
andere Pfanne dagegen erhält ihre passendste Stelle nahe unter
Rade oder der Kurbel. Auf diese Art bestimmt sich die Höhe
ahmens, der beide Pfannen trägt, und indem es darauf ankommt,
er seine verticale Stellung beibehält, so mufs er hinreichend
sein, um nicht durchzubiegen. Das Fortschieben des Rahmens
er festen Rüstung erfolgt entweder durch eine Leine, welche
ogen wird, wie bei der erwähnten in Berlin benutzten Säge
ab, oder besser durch eine Schraube, wie beim Bau der Brücke
rdeaux, wodurch man regelmäfsigere und sanftere Bewegungen
len kann. Die letzte Säge konnte 16 bis 18 Fufs unter Was-
rbeiten. Der Rahmen bestand aus einer festen Verstrebung
chmiedeeisen, und bei dem grofsen Gewichte desselben durfte
nicht befürchten, dafs er durch die oben angebrachte Schraube
ge gestellt werden möchte.

Als Beispiel der Aufstellung einer Kreissäge wähle ich diejenige
htung, welche man zum Abschneiden der Pfähle an den Ufer-
n der Donau benutzt hat. Fig 253 *a* zeigt diese Säge von
eite. Zur Vermeidung einer besondern Rüstung, und da es

mal geschärft, so schnitt sie bis 40 Pfähle durch, ohne d eine Verzögerung der Arbeit in Folge des Stumpfwerdens be liefs. Dieses ist mehr, als bei dem gewöhnlichen Gebrau Säge, und es erklärt sich vielleicht dadurch, dafs die S Wasser nicht warm wird.

Beim Bau der Brücke über das Thal Benoit benutzte m Säge, die den beschriebenen ähnlich, jedoch etwas einfa sammengesetzt war. Ein starker hölzerner Rahmen, der auf lief, konnte gegen den Pfahl, der durchschnitten werden s schoben werden. Auf diesem Rahmen lagen 4 mit Zäh sehene Schraubenmuttern, die von derselben Vaucansonsch umschlungen sich sämmtlich gleichmäfsig bewegten. An j diesen Muttern hing eine starke eiserne Schraubenspindel, waren an ein eisernes Gehäuse befestigt, durch welches rungen der Säge hindurchgriffen. Letztere wurde durch fachen Hebel hin und her bewegt, und mit einer ho Schraube wurde der Wagen in dem Maafse, wie der Sä sich vertiefte, vorgeschoben.*)

Die Kreissäge, welche in neuerer Zeit vielfach m Vortheile angewendet wird, hat man auch verschiede Grundsäge zu benutzen versucht, und die Resultate sind befriedigend ausgefallen, was sich wegen der einfacheren A auch erwarten läfst. Der Rahmen, den man sonst bra die Säge hin- und herzuführen, fällt dabei fort, wogege Befestigung der Achse nöthig wird, um welche die Dr schieht. Die Drehung erfolgt gewöhnlich durch eine Ku dieses z. B. beim Bau der Brücke zu Bordeaux geschehn es hierbei auf grofse Geschwindigkeit der Arbeit nicht an pflegt, so möchte dieses auch immer genügen. Zuweilen aber, um die Arbeit etwas zu beschleunigen und um d bequemer bewegen zu können, letztere an eine horizont befestigt, die mit einem conischen Rade in ein Getriebe Andrerseits hat man auch statt des Rades und Getri Schnur ohne Ende gewählt, wodurch sich die Anschaffu etwas ermäfsigen. Dieses ist z. B. bei der Säge geschehn

*) *Annales des travaux publices.* 1844. *pag.* 336.

au der Bauacademie in Berlin zum Abschneiden der Rost-
n der Tiefe von 2 Fufs unter Wasser benutzt wurde.
fs die Kreissäge jedesmal mit einer Vorrichtung versehn sein
wodurch sie an den abzuschneidenden Pfahl näher herange-
i werden kann, darf kaum erwähnt werden, und nur wenn
keine sorgfältige Arbeit ankommt, kann man sich damit be-
, wie zuweilen auch wirklich geschehn ist, nur das untere
ler Achse, woran die Säge befestigt ist, gegen den Pfahl zu
n. Um das regelmäfsige Vorschieben der Kreissäge zu be-
, mufs dieselbe an einem Rahmen befestigt sein, der bei un-
erter Lage sich vorwärts bewegt. Bei festen Rüstungen ist
nicht schwer zu erreichen, da man hier eine Absteifung des
as in jeder Richtung vornehmen und seine Bewegung durch
achte Rollen oder Räder erleichtern kann. Die Achse der
nufs ferner diejenige Länge haben, welche der gröfsten Tiefe
:ht, in der man noch den Schnitt ausführen will, und die
nufs sich am äufsersten Ende befinden, damit sie möglichst
ber dem Grunde wirken kann. Damit die Achse weder bricht,
uch sich biegt, so mufs die eine der beiden Pfannen, in wel-
e sich dreht, möglichst nahe über der Säge befindlich sein.
dere Pfanne dagegen erhält ihre passendste Stelle nahe unter
ide oder der Kurbel. Auf diese Art bestimmt sich die Höhe
mens, der beide Pfannen trägt, und indem es darauf ankommt,
seine verticale Stellung beibehält, so mufs er hinreichend
ein, um nicht durchzubiegen. Das Fortschieben des Rahmens
festen Rüstung erfolgt entweder durch eine Leine, welche
gen wird, wie bei der erwähnten in Berlin benutzten Säge
, oder besser durch eine Schraube, wie beim Bau der Brücke
leaux, wodurch man regelmäfsigere und sanftere Bewegungen
n kann. Die letzte Säge konnte 16 bis 18 Fufs unter Was-
eiten. Der Rahmen bestand aus einer festen Verstrebung
miedeeisen, und bei dem grofsen Gewichte desselben durfte
:ht befürchten, dafs er durch die oben angebrachte Schraube
gestellt werden möchte.

s Beispiel der Aufstellung einer Kreissäge wähle ich diejenige
tung, welche man zum Abschneiden der Pfähle an den Ufer-
der Donau benutzt hat. Fig 253 *a* zeigt diese Säge von
te. Zur Vermeidung einer besondern Rüstung, und da es

hier wahrscheinlich auf eine grofse Genauigkeit nicht ankam, der aus drei schmalen Bohlenstücken zusammengesetzte und sernen Bändern verbundene Rahmen *A B*, der die Säge tru mittelbar an den abzuschneidenden Pfahl befestigt. Oben dieses durch umgeschlungene Ketten, die vielleicht durch zw getriebene Keile noch scharf angespannt wurden. Unten die gegen hierzu eine Zange, die der von de Cessart angewende ſich ist, sich aber durch eine veränderte Vorrichtung zum S unterscheidet. Die Zange ist, wie Fig. *b* und *c* zeigt, so dafs die gekrümmten Arme, welche den Pfahl umfassen, de Schlusses wegen mit Zähnen versehn, und rückwärts fortges doch durchkreuzen sie sich nicht, sondern derselbe Arm, dem Charniere der linkseitige ist, liegt auch hinter dem auf der linken Seite. Durch Auseinanderdrängen der hint sätze werden also die gezahnten Bügel geschlossen und ma dieses, indem man von oben eine eiserne Stange, die unter passend geformten Keil ausgeht, zwischen die beiden hint treibt. Will man später die Zange öffnen, was in der geschieht, nachdem der Pfahl bereits abgeschnitten ist und ganzen Sägeapparat zugleich mit dem abgeschnittenen T aufziehn will, so befördern zwei Federn, welche die vord der Zange auseinanderdrängen, das Auslösen derselben, s Keil herausgeschlagen wird.

Man hat bei dieser Säge die zweckmäfsige Anordnu fen, dafs die untere Pfanne der Achse übereinstimmend mit dem Pfahle genähert werden kann, um die Säge tiefer ei zu lassen. In jedem der beiden Arme des Rahmens be nämlich, wie Fig. 253 *b* zeigt, ein Schlitz, durch welchen hindurchgreift, und in den Schlitzen liegen auf eisernen E beiden Pfannen. Letztere sind rückwärts mit entsprech zahnten Stangen versehn und diese werden durch zwei G meinschaftlich bewegt. Sobald die daran befestigte Kurb oder der andern Richtung gedreht wird, so schieben sich b nen gleichmäfsig vor oder zurück, und theilen diese Bewe der Säge *G H* mit. *)

Ein Umstand, welcher der Anwendung der Kreissä

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1836. Seite 129.

e am obern Ende ihrer Achse hin und her
der Rüstung aus durch eine schräge Leine
wird. Die ganze Zusammensetzung des
. 254 *a*, wobei jedoch der Maafsstab
h wegen mangelnden Raumes die
ist.

Aufsetzern tief unter Wasser
er Vorkehrungen bedurfte,
neben aufzustellen. Zu
r, mit welchem man
l den man wie die
ulte. War dieses geschehn,
nürfte Eisenstange durch den Hals
dieselbe mit starken Hammerschlägen so
dafs sie auch ohne den Trichter aufrecht stehn
tzterer entfernt wurde.

'eissäge schwebte einige Zolle unter einem starken
nholz, der die untere Pfanne ihrer Achse trug,
; aber an einem darin verzapften Stiele, der bis
; trat und auf dieser in der angemessenen Höhe
urchgesteckten Bolzen gehalten wurde. Der Klotz
tarken Bügel versehn, den man beim Herablassen
er jene Eisenstange und den Pfahl streifte, um die
an den Pfahl zu bringen. Bei dieser Aufstellung
er noch nicht die nöthige Haltung, und sie würde,
Thätigkeit setzte, nicht nur um ihre Achse sich
ondern auch hin und her geschwankt sein. Um
ern, mufste jener Klotz noch gegen den Boden be-
an versah ihn daher an beiden Seiten mit eisernen
n diese wurden starke, am untern Ende mit langen
versehene Stangen gesteckt, die man fest in den
Diese Stangen mufsten aber, sobald die Säge tie-
ter vorgerückt, also ausgehoben und wieder einge-
da es überaus mühsam und zeitraubend gewesen
n Ringe in der grofsen Tiefe aufzufinden, so spannte
e jeder Stange eine Kette, die aufserhalb des be-
sich soweit hinzog, dafs die Stange zwar aus dem
id hinreichend hoch gehoben und wieder gesenkt

Schärfe auszuführen ist. Hierbei wird freilich eine gröf triebskraft erfordert, besonders wenn eine starke Geschw sich in diesem Falle als nothwendig herausstellen sollte, nic weniger wird man es immer als einen Gewinn betrachten eine Arbeit, die zu den allerschwierigsten und bedenklichst werden mufs, mit voller Sicherheit ausführen zu können.

Endlich mufs bemerkt werden, dafs das Princip der auch auf eine andere noch einfachere Art für die Grun benutzen läfst. Der Vorzug der Kreissäge vor der gew Säge besteht darin, dafs man die Drehung um eine feste des Hin- und Herschiebens auf einer Bahn einführt. Man dadurch die schwierige Einrichtung der letztern, so wie Klemmen, Reiben und Schlottern, welches die Bahnen und Führungen, namentlich wenn man sie nicht immer untersu auch vor Stöfsen und andern Beschädigungen gehörig sich leicht zu zeigen pflegen. Zur Erreichung dieses Vorth aber keineswegs nothwendig, dafs die Drehung ununter derselben Richtung erfolgt, vielmehr darf die Säge sich herbewegen, während sie um die feste Achse schwingt. M also von der Achse nur zwei Arme ausgehn zu lassen einen Winkel von 60 Graden gegen einander bilden un diese, wie an den Rahmen einer gewöhnlichen Säge, d spannen. Dieses Blatt darf aber an seiner vordern Sei Zähne sich befinden, nicht durch eine gerade Linie begre vielmehr mufs es hier einen Kreisbogen bilden, der die achse zum Mittelpunkte hat. Auf solche Art würde die keit der Beschaffung einer grofsen Kreissäge und zugle gränzte Tiefe des Schnittes leicht vermieden werden, u wegung dieser Säge würde sich noch dadurch vereinfache Arbeiter nur die Kurbel hin- und herschieben.

Vorstehende Andeutung einer möglichst einfachen Kr zum Abschneiden der Pfähle unter Wasser benutzt were hatte ich schon in der ersten Ausgabe dieses Handbuc mitgetheilt, dieselbe ist später in den Niederlanden bei der Fundirung des Dampfmaschinen-Gebäudes im Bo zur Ausführung gebracht, und zwar wurden damit die 21 Fufs unter Wasser abgeschnitten. Fig. 254 *b* zeigt gewählte Anordnung. Die Säge umfafst nur einen Hal

durch zwei Arme am obern Ende ihrer Achse hin und her
it, während sie von der Rüstung aus durch eine schräge Leine
den Pfahl angezogen wird. Die ganze Zusammensetzung des
ates ergiebt sich aus Fig. 254 *a*, wobei jedoch der Maafsstab
alb so grofs gewählt, auch wegen mangelnden Raumes die
rtiefe auf die Hälfte reducirt ist.

Die Grundpfähle waren mittelst Aufsetzern tief unter Wasser
getrieben, woher es noch besonderer Vorkehrungen bedurfte,
sicher aufzufinden, und die Säge daneben aufzustellen. Zu
Zwecke diente ein langer Blechtrichter, mit welchem man
er Rüstung aus den Pfahl aufsuchte, und den man wie die
zeigt, über den Kopf desselben streifte. War dieses geschehn,
ob man eine unten zugeschärfte Eisenstange durch den Hals
ichters, und trieb dieselbe mit starken Hammerschlägen so
den Pfahl, dafs sie auch ohne den Trichter aufrecht stehn
worauf letzterer entfernt wurde.

e halbe Kreissäge schwebte einige Zolle unter einem starken
von Eichenholz, der die untere Pfanne ihrer Achse trug,
Klotz hing aber an einem darin verzapften Stiele, der bis
ie Rüstung trat und auf dieser in der angemessenen Höhe
einen hindurchgesteckten Bolzen gehalten wurde. Der Klotz
it einem starken Bügel versehn, den man beim Herablassen
parates über jene Eisenstange und den Pfahl streifte, um die
cher nahe an den Pfahl zu bringen. Bei dieser Aufstellung
ie Säge aber noch nicht die nöthige Haltung, und sie würde,
man sie in Thätigkeit setzte, nicht nur um ihre Achse sich
haben, sondern auch hin und her geschwankt sein. Um
zu verhindern, mufste jener Klotz noch gegen den Boden be-
werden, man versah ihn daher an beiden Seiten mit eisernen
und durch diese wurden starke, am untern Ende mit langen
n Spitzen versehene Stangen gesteckt, die man fest in den
einstellte. Diese Stangen mufsten aber, sobald die Säge tie-
chnitt, weiter vorgerückt, also ausgehoben und wieder einge-
erden, und da es überaus mühsam und zeitraubend gewesen
ene eisernen Ringe in der grofsen Tiefe aufzufinden, so spannte
n die Spitze jeder Stange eine Kette, die aufserhalb des be-
en Ringes sich soweit hinzog, dafs die Stange zwar aus dem
gezogen und hinreichend hoch gehoben und wieder gesenkt

werden konnte, ihre Spitze aber jedesmal im Ringe bleiben
Die Stangen wurden etwas schräge eingesetzt, so dafs s
tieferen Eindringen der Säge steiler gerichtet werden konnt
sie sonach in Verbindung mit jenem Seile die Säge vorsch

Mit diesem, vom Bau-Unternehmer Kool angegebenen
wurden durchschnittlich an jedem Tage 20 und einmal sogar
abgeschnitten. Dabei waren 9 Mann beschäftigt, von den
Achse der Säge in Bewegung setzten. *)

Schliefslich wäre noch eine in ihrer Einrichtung sehr
und im Gebrauche sehr bequeme Säge zu erwähnen, d
weniger genau arbeitet, als die bisher beschriebenen Die
sogenannte Schwungsäge. Ein gewöhnliches Sägeblatt
bei nicht horizontal hin und herbewegt, sondern ist in ei
lichst hohen Rahmen gespannt, der sich oben um eine h
Achse dreht. Jeder einzelne Zahn beschreibt also einen K
und da die Abstände von der Drehungs-Achse verschiede
treffen die mittleren Zähne den Pfahl in einer gröfseren
die äufsern, und der Schnitt wird viel stärker als er bei h
Führung desselben Blattes gewesen wäre. Dazu kommt
dafs das Blatt auch merklich durchbiegt, und daher keines
eben, sondern ziemlich unregelmäfsig den Kopf des Pfahles
det. Wenn ein solcher Uebelstand, wie zuweilen der Fal
Bedeutung hat, so möchte gerade diese Anordnung sich vo
empfehlen.

Schon bei den Strom-Correctionen am Rhein benut
taine solche Sägen, später wurden sie von Beaudemoulin beir
bau in Tours angewendet, und hier vereinfachte man
stellung noch dadurch, dafs man einen hölzernen Stiel
eisernen Schuh versah, der in einer starken Holzschraul
die man in den Kopf des abzusägenden Pfahles einsch
Bolzen, den man in passender Höhe an den Stiel befesti
alsdann die Achse, um welche der Rahmen mit der Säg
her schwang. Mittelst der beiden Zugstangen wurde abe
diese Bewegung der Säge mitgetheilt, sondern dieselbe au
dig gegen den Pfahl angedrückt. **)

*) *Verhandelingen van het koninglijk Institut van Ingenieurs.*
pag. 17.

**) *Annales des ponts et chaussées* 1841. *I. pag.* 224.

Indem bei dieser Anordnung der Schnitt in beiden Richtungen [illegible] ist, so dürfte es sich mehr empfehlen, die Säge an einen [illegible] zu hängen, der auf der Rüstung steht und der bei weiterem [illegible]greifen der Säge vorgerückt wird. Solche Aufstellung war bei [illegible]schiedenen Fundirungs-Arbeiten an der Yonne und an der obern [illegible] gewählt worden. *) Dieselbe ist Fig. 255 *a* und *b* in der [illegible]ten-Ansicht und im Grundrifs dargestellt. Der eiserne Rahmen, [illegible] den die Säge eingespannt ist, lehnt sich an die Mittelschwelle [illegible] Bockes, die in dem Maafse wie der Schnitt sich vertieft vor[illegible]schoben wird. Die Bewegung kann alsdann auch durch Leinen, statt [illegible] Zugstangen, der Säge mitgetheilt werden. Dieselbe schnitt durch[illegible]schnittlich die Pfähle in der Tiefe von 4½ Fufs unter Wasser ab.

§. 41.
Ausziehn der Pfähle.

Häufig trifft es sich, dafs an der Stelle, wo eine Fundirung [illegible]geführt werden soll, alte Pfähle bereits im Grunde stecken, die [illegible] zuerst entfernen mufs, andrerseits sind auch zuweilen Spund- oder Spitzpfähle, die beim Einrammen nicht gehörig eindringen, wieder fortzuschaffen, und endlich werden manche Pfähle und namentlich die Rüstpfähle und die der Fangedämme nur bis zur Beendigung des Baues gebraucht, und müssen später beseitigt werden. Aus diesen verschiedenen Gründen wiederholt sich häufig das Bedürfnifs, die eingerammten Pfähle wieder auszuziehn, und gemeinhin ist dieses nicht nur an sich sehr schwierig und erfordert einen starken aufwärts gerichteten Zug, sondern es tritt noch der Uebelstand dabei ein, dafs die festen Stützpunkte oft schwer zu beschaffen sind. Das gewöhnlichste und einfachste Mittel besteht in der Anwendung eines starken und schweren Hebels, wozu man entweder einen Pfahl oder einen Balken benutzt. Zuweilen hat man indessen auch von andern mechanischen Vorrichtungen zu demselben Zwecke Gebrauch gemacht. Von diesen soll zuerst die Rede sein.

Beim Hafenbau zu Hull stellte man über die Pfähle der Rüstun-

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1861. *II.* *p.* 66.

gen und Fangedämme, die man ausziehn wollte, einen Bock, woran mehrere Flaschenzüge hingen, deren untere Blöcke an den Pfahl befestigt waren. Die darin eingeschornen Taue wurden durch Erdwinden angezogen, und es war bei manchen Pfählen erforderlich, vier solcher Winden anzubringen, deren jede mit vier Mann besetzt war: der Widerstand eines solchen Pfahles wurde daher auf 15 bis 20 Tons oder 30000 bis 40000 Pfund geschätzt. *) Dabei ist freilich die Reibung unbeachtet geblieben, die namentlich beim Flaschenzuge sehr stark ist; nichts desto weniger kann man aber annehmen, dafs der erforderliche Zug, um einen Pfahl zu heben, sich dem Werthe seiner Tragfähigkeit nähert. Bei weichem und zähem Boden mögen beide nicht sehr verschieden sein.

Statt des dreibeinigen Bockes läfst sich sehr bequem auch die gewöhnliche Ramme benutzen, die sich hierzu um so mehr eignet, wenn sie schon mit einer Winde versehn ist, mittelst deren man das in den Flaschenzug eingeschorne Tau kräftig anziehn kann.

Demnächst hat man die Schraube zu demselben Zwecke benutzt, schon Bélidor schlägt sie vor, und räth die Einrichtung so zu treffen, dafs die um den Pfahl geschlungene Kette an einen Wirbel am untern Ende der Schraubenspindel befestigt wird, während auf einer festen Rüstung die Schraubenmutter lose aufliegt, und durch vier Hebel wie eine Erdwinde gedreht wird. **) Bélidor bemerkt auch, dafs man diese Vorrichtung auf Fahrzeuge stellen und in solche Art die im Wasser stehenden Rüst- und andere Pfähle entfernen kann. Die starke Reibung der Schraube möchte indes bei festeingerammten Pfählen kaum diesen Apparat als hinlänglich wirksam erscheinen lassen. Nichts desto weniger ist bei den eben erwähnten Hafenbauten in Hull hiervon gleichfalls Gebrauch gemacht worden und zwar bei Gelegenheit einer Spundwand. Die eiserne Schraube hatte dabei eine Stärke von 4 Zoll und übte zuweilen einen Zug aus, den man auf 18 Tons oder 36000 Pfund schätzte. Einige Pfähle liefsen sich jedoch durch dieses Mittel gar nicht heben und es gelang erst, sie in Bewegung zu setzen, nachdem man den Boden, der aus reinem Sande bestand, daneben noch ausgebaggert hatte.

---

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. I. p.* 45.

**) *Architecture hydraulique. Vol. III. p.* 120.

ıer hat man auch versucht, die Kette oder das Tau, woran
ıl befestigt ist, unmittelbar über eine horizontale Winde
ıgen, welche durch irgend eine mechanische Vorrichtung
wird. Eine solche Maschine beschreibt schon Perronet bei
eit der Brücke zu Orleans. Eine hölzerne Welle war auf
fachen Rüstung über dem Pfahle angebracht und ein Durch-
darin wurde mittelst eines Taues an seinem äufsern Ende
zweiten ähnlichen Welle auf derselben Rüstung verbunden.
wurde durch Hebel, die man in sie einsetzte bewegt. Man
lauben, dafs die Kraft sich noch wesentlich verstärken liefse,
n in gleicher Weise eine dritte, oder noch mehrere Winden
bände, aber ein solcher Apparat, der aus vielen und zwar
fen Theilen besteht, eignet sich nicht zur Darstellung eines
Zuges. Perronet machte hiervon auch nur Gebrauch, um
e der Fangedämme zu entfernen, die nicht besonders fest
nt waren. Sehr ähnlich dem beschriebenen Apparate ist
, dessen man sich bei den Hafenbauten vor Amsterdam
um die alten im Grunde steckenden Rostpfähle heraus-
. Auf das vordere Ende eines Fahrzeuges war eine Winde
ıfs Durchmesser aufgestellt, um welche das Tau, das an
l befestigt wurde, umgeschlungen war. Diese Winde hatte
zum Einsetzen von Hebeln. Ein solcher wurde in das
Loch gesteckt und von seinem äufsern Ende ging eine
ɔer einen Fufsblock nach einer Erdwinde, die auf dem
des Fahrzeuges stand, und durch vier Mann in Bewegung
urde.*) Es ist wohl nicht anzunehmen, dafs die Pfähle,
hiermit entfernte, grofsen Widerstand leisteten, wie über-
Holland die Pfähle nie besonders fest eingerammt werden.
ich hat man zuweilen die hydraulische Presse zum
der Pfähle benutzt. Dieses geschah z. B. beim Bau der
-Brücke. Man stellte die Presse oder den Cylinder, worin
ere Kolben befindlich ist, auf den noch feststehenden Theil
dwand, und dieser Kolben hob das Ende eines starken
dessen anderes Ende auf einer Rüstung ruhte. Da letzteres
mgekehrten Verhältnifs der Längen der betreffenden Hebel-

—

ız, der Hafen von Amsterdam, in den Verhandlungen des Ge-
ıs in Preufsen. 1832. S. 179.

arme abwärts drückte, so wurde jene Rüstung nur mäfsig
und durfte daher auch weniger fest sein.

Die einfachste Vorrichtung zum Ausziehn der Pfähle
wie bereits erwähnt worden, in der Anwendung des Heb
des Wuchtbaumes. Mittelst desselben läfst sich ein sehr
Zug ausüben und er ist daher bei gehöriger Einrichtung
nutzung für Pfähle, die besonders fest eingerammt sind, vor
geeignet. Bei den Bohlwerksbauten in Pillau und name
dem des sogenannten hohen Bohlwerkes, das die Stadt
See schützt, war das Ausziehn der alten Pfähle, wenn
einrammen wollte, nothwendig, indem der Grund stelle
besetzt war, dafs man neben einen alten Pfahl den n
hineinbringen konnte. Diese Pfähle mufsten aber jed
tief eingerammt werden, indem zuweilen bedeutende Aus
eintraten, welche den Einsturz des ganzen Bohlwerkes
haben konnten, wenn die Pfähle nicht ihren festen Stand
halten hätten. Diese Pfähle hatten eine Länge von 50 l
und steckten gemeinhin über 30 Fufs tief im Grunde. Da
derselben war mit sehr grofsen Schwierigkeiten verbund
das früher hier übliche Verfahren auch sonst vielfa
brauche ist, so will ich mit der Beschreibung desselben
machen.

Ein starker Pfahl wird an seinem Stammende etwa
Länge an einer Seite behauen und eine eichene Bohle
nagelt. Durch letztere wird das Rollen des Pfahles verh
derselbe zugleich vor Beschädigungen gesichert, dene
Drehn um Brechstangen oder um die scharfen Kanten
ausgesetzt sein würde. Den Drehepunkt sucht man mög
an den auszuziehenden Pfahl zu verlegen und bildet ihn
Balken, der auf andern eingerammten Pfählen ruht. H
man sich aber damit begnügen, den Balken nur durch
und Unterfütterung möglichst zu sichern. Die Arbeit
schwieriger, je loser die Unterlage ist, und bei grofser
derselben wird es beinahe unmöglich, den Pfahl noch
Um den hintern oder längern Hebelsarm, also das Wip
Pfahles, zu heben, wird ein dreibeiniger Bock darübergest
ein Flaschenzug befestigt ist. Wenn hierdurch der kürz
arm möglichst tief gesenkt ist, so verbindet man denselb

e des auszuziehenden Pfahles. Man mufs sich, wenn die Pfähle ganz lose im Grunde stecken, hierzu einer starken Kette be- n, denn ein Tau leidet dabei theils zu viel, theils aber ist Elasticität auch der ganzen Operation hinderlich und jedenfalls e es sehr stark sein, wenn man es mit einiger Sicherheit an- en wollte. Beim Anstecken der Kette kommt es darauf an, be sogleich möglichst stark anzuspannen, denn wenn man dieses umt, so fängt der Hebel an sich zu senken und erreicht viel- den Erdboden, ohne auf das Heben des Pfahles gewirkt zu , indem er nur die Kette stärker anspannte. Die Kette wird nur durch mehrmaliges Umschlingen an den Wuchtbaum be- . An ihrem andern Ende befindet sich dagegen ein Ring, den man sie hindurchzieht, und auf diese Art eine Schlinge Letztere streift man auf den Kopf des Pfahles, stöfst sie fest mit Brechstangen nieder, und um ein Wiederaufziehn zu lern, werden noch Bolzen davor geschlagen. Ist Alles auf Art vorbereitet, so läfst man den Wuchtbaum herabsinken. i zeigen sich fast jedesmal mancherlei Uebelstände: zunächst ich gewöhnlich der Wuchtbaum, der Anfangs sehr schräge in eine gleitende Bewegung und rückt dem Pfahle näher. :h verlängert sich der kürzere Hebelsarm und der Zug ver- t sich häufig um die Hälfte. Diese Bewegung hat zugleich e Folge, dafs der Balken, um welchen der Wuchtbaum sich soll, verschoben und nicht selten herabgeworfen wird. Beides die in der Nähe stehenden Arbeiter gefährlich. Der Wucht- pflegt ferner und besonders bei der ersten Hebung sich nicht chwebend zu erhalten, denn die Kette, die sich überall an lz scharf anlegt, auch wohl sich darin eindrückt, giebt so ch, dafs der kürzere Arm sich heben und der längere bis oden herabfallen kann. Der erste Versuch wirkt also ge- ch auf den eigentlichen Zweck gar nicht hin und hat nur rfolg, dafs die Kette sich in den Wuchtbaum und in den iefer eindrückt. Man wiederholt alsdann dieselbe Operation: chtbaum wird zuerst zurückgeschoben, sodann gehoben und dieses geschehn, sucht man die Kette wieder zu spannen. tzte erscheint am leichtesten, wenn man die Vorsteckbolzen m Pfahle herausschlägt und mit Brechstangen die Kette von recht tief herabstöfst und sie wieder durch die Bolzen mög-

lichst sichert. Das Resultat dieses zweiten Versuches ist ge
noch ganz dasselbe, wie das erste Mal. Die Kette faſst
in dem Pfahle frisches Holz, welches sie wieder stark co
und so wiederholt sich nicht selten derselbe Erfolg zehn
wohl noch öfter, bis es endlich gelingt, einen solchen Wi
zu erreichen, daſs die Kette nicht mehr nachgeben kann
ganze Zug, den der Wuchtbaum auszuüben im Stande ist,
auf das Heben des Pfahles verwendet wird.

Wenn der Wuchtbaum auf solche Art endlich in Wi
tritt, so zeigt sich oft, daſs der Zug nicht genügt, um
herauszureiſsen. Alsdann steigen einige Arbeiter auf de
baum, andere werfen Taue herum und ziehn ihn hera
bleibt es auch nicht bei diesem gleichförmigen Zuge, son
lautem Gesange bemühn sich beide Theile der Mannsc
Wuchtbaum in heftiges Schwanken zu versetzen und sei
dadurch zu verstärken. Sind die Arbeiter Seeleute, wie
Pillau gemeinhin der Fall war, so ist die Gefahr hierb
wenn zufällig etwas brechen sollte, nicht bedeutend.
mehrmals hierbei die Kette reiſsen oder die ganze R
sammenstürzen sehn, ohne daſs auch nur ein einzige
beschädigt wäre. Man muſs aber jede Veranlassung
daſs die Leute, wenn auch aus eigenem Antriebe, sic
Baustelle einer Gefahr aussetzen, und eine solche ist hi
in Abrede zu stellen.

Schon aus diesem Grunde muſste der Apparat
werden, dazu kam aber noch, daſs der gröſste Theil der
wendeten Kraft unbenutzt verloren ging, und endlich g
Vorrichtung auch nicht, um diejenigen Pfähle heraus
welche besonders fest im Grunde steckten. Man muſst
mehrere derselben stehen lassen, weil alle Versuche, sie
miſsglückten. Es waren hierbei gemeinhin achtzehn h
stellt, vierzehn derselben zogen den Wuchtbaum auf,
Leine vom Flaschenzuge durch einen Block am Fuſse
gezogen war, zwei Arbeiter standen auf dem vor d
schwimmenden Flosse und schlugen die Ketten herab und
die Vorsteckbolzen, und endlich sorgten zwei Mann, w
Zimmergeselle war, für die gehörige Lage des Wuchtbaum
starke Mannschaft konnte durchschnittlich von den P

[illegible] Bohlwerke täglich nur 2½ Stück herausziehn, woher diese [illegible]beit sehr kostbar war. Das Arbeitslohn mit Einschluſs der [illegible]sten für Tauwerk u. dergl. betrug etwa zwei Drittel von dem [illegible] das Einrammen der Pfähle.

Die Aenderungen, die ich hierbei einführte, sind in Fig. 225 [illegible]f Taf. XVII. dargestellt. Zunächst ist der Wuchtstuhl oder [illegible] Unterlage zu erwähnen, auf welche die Drehungsachse für den Wuchtbaum befestigt wurde. Dieser Stuhl ist in der erwähnten [illegible]gur durch die Schraffirung markirt und Fig. 226 zeigt ihn in der [illegible]nsicht von oben. Er besteht aus einem durch Schraubenbolzen [illegible]rbundenen Rahmen aus Eichenholz, der sich theils leichter und [illegible]cherer unterstützen läſst, als ein einzelner Balken, der aber theils [illegible]ch mit Sicherheit die eiserne Achse trägt, um welche die Drehung [illegible] Wuchtbaumes erfolgt.

Der Wuchtbaum selbst bestand aus einem dreizehnzölligen [illegible]lken von Kiefernholz, dessen Länge 35 Fuſs betrug, und der [illegible]t doppelten Pfannen versehen war, damit die Drehungsachse [illegible]ändert werden konnte. Diese Pfannen wurden gebildet durch [illegible]serne Schienen, die unten gabelförmig gespalten waren, und die Achse umfaſsten. Sie waren durch je zwei Schraubenbolzen mit dem Wuchtbaume verbunden. Ihre Entfernung vom Ende des Wuchtbaumes betrug 1 und 2 Fuſs. Die Drehungsachse wurde in die vorderen Pfannen gelegt, wenn der Pfahl noch fest im Grunde steckte, in diesem Falle übte der Wuchtbaum an sich schon einen Zug von 28500 Pfund aus, hing man aber an sein hinteres Ende einen Rammklotz von 7½ Centner, so verdoppelte sich der Zug und konnte durch noch gröſsere Gewichte sogar verdreifacht werden. Sobald aber der Pfahl sich etwa um einen Fuſs gehoben hatte, so verminderte sich schon merklich der Widerstand, wie man am schnellen Sinken des Wuchtbaumes wahrnehmen konnte. Alsdann wurde der letztere so weit vorgeschoben, daſs die Achse nunmehr in die zweite Pfanne traf und daher bei jedem Zuge der Pfahl noch einmal so hoch stieg, wie früher.

Das Heben des Wuchtbaumes erfolgte mittelst einer Erdwinde. Das darum geschlungene Tau lief über einen Fuſsblock und über eine eiserne Scheibe, die am dreibeinigen Bocke hing, nach dem hintern Ende des Wuchtbaumes. Drei Mann konnten bei dieser Anordnung den letzteren heben, und wenn sie mittelst

eines Hemmtaues die Erdwinde festgestellt hatten, so zogen sie auch die an einen Flaschenzug befestigte grofse Kette weiter auf den Wuchtbaum. Bei Aufstellung des Bockes, womit der Wuchtbaum gehoben wird, mufs man darauf aufmerksam sein, dafs die verlängerte Richtung des Taues, woran der Wuchtbaum hängt, bei allen Stellungen des letztern innerhalb der Verbindungslinien zwischen den drei Füfsen des Bockes bleibt. Im entgegengesetzten Falle würde der Bock in Bewegung kommen, oder wohl gar umstürzen, ferner mufs derjenige Fufs des Bockes, woran der Fufsblock befestigt ist, in die Erde etwas versenkt werden, weil er sonst beim starken Zuge der Erdwinde fortgerissen würde. Bei jedem einzelnen Pfahle, den man mit diesem Apparate ausrichtet, mufs der Wuchtstuhl, sowie auch der Bock verstellt werden, dagegen kann man die Erdwinde häufig längere Zeit hindurch unverändert stehn lassen und sich mit dem Bocke so weit davon entfernen, als die Länge des Taues dieses zuläfst.

Der wichtigste Punkt in der Zusammenstellung des ganzen Apparates ist die Befestigung der Kette, und zwar ebensowohl am Pfahle als am Wuchtbaume. Jedenfalls mufs dafür gesorgt werden, dafs die Kette nicht immer nachgiebt und dadurch den Effect des einzelnen Zuges schwächt und oft ganz vernichtet. Hiernach durfte die Befestigung am Pfahlkopfe nicht jedesmal auf eine andere Stelle übertragen werden, vielmehr blieb die Kette hier, so lange wie möglich ganz unverändert, so dafs sie nur an einer einzigen Stelle das Holz comprimirte. Wie stark diese Compression war, gab sich daran zu erkennen, dafs beim ersten Herabsinken des Wuchtbaumes, wobei nur die Kette angespannt wurde, gewöhnlich aus dem anscheinend ganz trockenen Pfahlkopfe eine grofse Menge Wasser ausgedrückt wurde. Die Kette war am untern Ende mit einem Ringe versehn, durch welchen wieder eine Schlinge gebildet wurde. Diese liefs man über den Kopf des Pfahles gleiten, stiefs sie, nachdem der Wuchtbaum gehoben war, fest herab und schlug zwei Spitzbolzen zu ihrer Haltung in den Pfahl hinein. Der eine Bolzen mufste verhindern, dafs die Kette nicht etwa länger als der Pfahle herauf gezogen werden konnte, und der andere hielt die Schlinge gespannt, sobald der Wuchtbaum wieder gehoben war, da sie ohne weitere Befestigung, vermöge ihres grofsen Gewichts sich von selbst gelöst hätte. Um eine einfachere Befestigung

gegen den Pfahl darzustellen, versuchte ich einen Ring, wie
er auch sonst angewendet ist, ich gab ihm die Form, die
327 zeigt. Der Ring ist nämlich oben und unten mit einem
n Dorne versehn, der in den Pfahl hineindringt. Er ist als-
leicht zu befestigen und auch leicht wieder loszuschlagen, doch
seine Gröfse der Stärke des Pfahles entsprechen. In schwächere
e und besonders wenn sie durch den Einfluſs des Wassers und
uft schon sehr mürbe geworden waren, drückte er sich aber
f ein, daſs er eine Stellung einnahm, die sich der senkrechten
te und in diesem Falle war er nicht mehr zu halten, er glitt
ich herauf und brach häufig den Kopf des Pfahles ab. Es
daher zweckmäſsiger, die Kette unmittelbar umzulegen. In
n Fällen, wo die Pfähle von gleicher Stärke sind, man also
Ringe die passende Gröfse geben kann, dürfte seine Anwendung
eilhaft sein.

Das gehörige Nachziehn und Anspannen der Kette, welches
jedem einzelnen Zuge erfolgen muſs, konnte nur auf dem
tbaum geschehn, und ich wählte dazu eine Einrichtung, welche
nigen Kette entsprach, die ich dort vorfand. Die Schaken der-
n waren aber für diesen Zweck etwas zu enge, woher die
steckbolzen nicht die nöthige Stärke erhalten konnten, die
Zug forderte. Im Uebrigen war die Kette sehr regelmäſsig
eitet, 24 Fuſs lang und hatte elliptische Glieder ohne Steg.
derselben war im äussern Umfange 6 Zoll lang und $4\frac{1}{2}$ Zoll
die Stärke des cylindrischen Eisenstabes, aus dem sie geformt
etrug $1\frac{1}{8}$ Zoll. Die Länge der elliptischen Oeffnung im ein-
Gliede maaſs $3\frac{3}{4}$ Zoll und indem die beiden nächsten Glieder
chgriffen, so bildete sich in jedem einzelnen, sobald die Kette
annt wurde, ein freier Raum von $1\frac{1}{2}$ Zoll Länge, doch konnte
iesen nicht ganz für den Durchsteckbolzen benutzen, da
tens $\frac{1}{8}$ Zoll Spielraum gelassen werden muſste. Hiernach
nte sich die Stärke des Durchsteckbolzens, der die Kette
sollte, auf $1\frac{1}{8}$ Zoll, was nur nothdürftig genügte, indem der
n sich häufig verbog und alsdann durch einen andern ersetzt
n muſste. Die freien Oeffnungen in der Kette waren $4\frac{1}{8}$ Zoll
einander entfernt; wenn man also für den Durchsteckbolzen
ne einzige Oeffnung dargestellt hätte, so würde man zuweilen
ngen gewesen sein, die Kette, nachdem sie eingespannt worden,

eines Hemmtaues die Erdwinde festgestellt
auch die an einen Flaschenzug befestigt
den Wuchtbaum. Bei Aufstellung des
baum gehoben wird, mufs man dar
verlängerte Richtung des Taues, v
allen Stellungen des letztern
zwischen den drei Füfsen des
Falle würde der Bock in B
stürzen, ferner mufs derje
block befestigt ist, in
sonst beim starken Z
jedem einzelnen Pfa
mufs der Wuchtst
gegen kann man
ändert stehn
fernen, als d

Der
Apparate
am Pf
werd
Effe
na
ar

Fig. 228 *a* und *b* zeigt
hochkantige Schienen von $\frac{7}{8}$ Zoll Stärk
den Wuchtbaum befestigt, und steh
dafs die Kette noch eben frei durch
sind die erwähnten drei Oeffnungen
angebracht.
Damit die Kette nicht etwa vom Wuchtbaum
auch in den kürzeren Hebelsarm nicht stark
dieselben Figuren zeigen, am Kopfe des W
Einschnitt gemacht, der eine cylindrisch geformte
bildet, die mit einem starken Eisenblech ausgefütter
langt dadurch auch den Vortheil, dafs die Kette leicl
werden kann. Ihr Gewicht ist indessen so grofs,
freier Hand durch einen oder wenige Arbeiter nicl
ist. Aus diesem Grunde ist, wie Fig. 225 zeigt, noc
zug angebracht, womit man sie, sobald der Wuch
ist, heraufzieht. Dieses geschieht durch dieselben A
die Erdwinde in Bewegung setzen. Nachdem die
zogen ist, sucht der Zimmermann, der auf dem W
und die ganze Arbeit leitet, die passende Oeffnung
steckbolzen aus. Ist letzterer eingebracht, so kann
Flaschenzuge wieder aus der Hand gelegt werden,
ihr Ende festschlingen, damit der obere Theil der K
Wuchtbaume herabstürzt.

Obgleich die Kette auf solche Art sicher befest

liche Spannung und es kann leicht ge-
Zoll weniger hoch gehoben wird,
angezogen wäre. Um diesen
Kopfe des Wuchtbaumes
Seiten aus einschlagen,
ben den Spielraum voll-
sie fest eingetrieben waren,
ner gegen die senkrecht herab-
ren durfte, sondern einen so hellen
wenn sie ein fester Stab wäre. Sobald
ng ertheilt war, so übte der Wuchtbaum
Zug auf den Pfahl aus.

and, welchen die Pfähle leisteten, war gewöhnlich sie beim ersten Anziehn des Wuchtbaumes nur sehr oben, und häufig schien es, als ob sie trotz des , der noch durch die Beschwerung des Wuchtbaumes e, gar nicht zu bewegen wären. In solchen Fällen , sie in starke Erschütterung zu versetzen, doch n diesem Mittel niemals einigen Erfolg bemerken. Erschütterungen zeigten keine Wirkung. Es bedarf ähnung, dafs das Schlagen mit einer Axt gegen den eilen empfohlen wird, ganz zwecklos ist, aber selbst s dreifsigfüfsigen Balken, den ich an zwei Tauen hing, und wie einen Mauerbrecher schwingen und hl stofsen liefs, zeigte sich ganz erfolglos. Ebenso n jederzeit die Schläge, die ich mit der Ramme auf Pfahles führen liefs, während der Wuchtbaum ihn rts zog. Dieses letzte Mittel ist mehrfach und an-ofsem Vortheil angewendet, ich habe aber dadurch nur die geringste Wirkung erreicht. Vielleicht ist es lenarten vortheilhafter. Perronet zog bei der Brücke Pfähle der Rüstungen und Fangedämme aus, indem Seiten des Pfahles einscheibige Blöcke befestigte, geschoren waren, die nachdem sie über feste Schei-lamme gelaufen, durch Winden angezogen wurden. letzteren wirkten, liefs man den Rammklotz auf den wodurch derselbe sich aus dem Boden gelöst haben nze Anordnung zeigt aber wohl, dafs hierbei kein

noch nahe $4\frac{7}{8}$ Zoll zurückzuziehn, ehe sie auf den Pfah
konnte. Dieser Spielraum war jedenfalls zu grofs, er kon
vermindert werden, sobald mehrere Befestigungsstellen
Durchsteckbolzen vorgerichtet wurden, von denen eine
andere pafste. Ich wählte deren drei, welche, wie Figur 2
$2\frac{3}{8}$ Zoll von einander entfernt waren. Es ist also ein
Princip, wie bei den Nonien, in Anwendung gebracht, die
Entfernung der Oeffnungen in der Kette ist in drei Theile
und da von den vier Theilungspunkten die beiden äufs
gleiche Stellung gegen die Theilung der Kette haben,
einer derselben fortfallen. Auf diese Art war es möglich,
von $2\frac{3}{4}$ zu $2\frac{3}{8}$ Zoll zu verkürzen, und dieser Spielraum
gröfste Länge, um welche die Kette sich beim Senken de
verlängert haben würde. Fig. 228 *a* und *b* zeigt die ga
ordnung: zwei hochkantige Schienen von $\frac{7}{8}$ Zoll Stärke sin
drei Bolzen an den Wuchtbaum befestigt, und stehn so
einander ab, dafs die Kette noch eben frei durchzogen
kann. In ihnen sind die erwähnten drei Oeffnungen für de
steckbolzen angebracht.

Damit die Kette nicht etwa vom Wuchtbaume her
sich auch in den kürzeren Hebelsarm nicht stark eindrü
wie dieselben Figuren zeigen, am Kopfe des Wuchtbau
Einschnitt gemacht, der eine cylindrisch geformte vertie
bildet, die mit einem starken Eisenblech ausgefüttert ist.
langt dadurch auch den Vortheil, dafs die Kette leichter au
werden kann. Ihr Gewicht ist indessen so grofs, dafs
freier Hand durch einen oder wenige Arbeiter nicht zu
ist. Aus diesem Grunde ist, wie Fig. 225 zeigt, noch ein F
zug angebracht, womit man sie, sobald der Wuchtbaum
ist, heraufzieht. Dieses geschieht durch dieselben Arbeiter,
die Erdwinde in Bewegung setzen. Nachdem die Kette
zogen ist, sucht der Zimmermann, der auf dem Wuchtstul
und die ganze Arbeit leitet, die passende Oeffnung für den
steckbolzen aus. Ist letzterer eingebracht, so kann die L
Flaschenzuge wieder aus der Hand gelegt werden, doch m
ihr Ende festschlingen, damit der obere Theil der Kette ni
Wuchtbaume herabstürzt.

Obgleich die Kette auf solche Art sicher befestigt ist,

noch nicht die erforderliche Spannung und es kann leicht ge-
kommen, dafs der Pfahl gegen 3 Zoll weniger hoch gehoben wird,
wenn die Kette sogleich scharf angezogen wäre. Um diesen
Zeitverlust zu vermeiden, liefs ich am Kopfe des Wuchtbaumes
vor die Kette noch eichene Keile von beiden Seiten aus einschlagen,
Fig. 225 sichtbar sind. Dieselben hoben den Spielraum voll-
ständig auf und zum Beweise, dafs sie fest eingetrieben waren,
durfte ein Schlag mit dem Hammer gegen die senkrecht herab-
hängende Kette, die nicht klirren durfte, sondern einen so hellen
Klang geben mufste, als wenn sie ein fester Stab wäre. Sobald
die Kette diese Spannung ertheilt war, so übte der Wuchtbaum
nach den vollen Zug auf den Pfahl aus.

Der Widerstand, welchen die Pfähle leisteten, war gewöhnlich
so grofs, dafs sie beim ersten Anziehn des Wuchtbaumes nur sehr
langsam sich hoben, und häufig schien es, als ob sie trotz des
vollen Zuges, der noch durch die Beschwerung des Wuchtbaumes
vermehrt wurde, gar nicht zu bewegen wären. In solchen Fällen
suchte ich es, sie in starke Erschütterung zu versetzen, doch
hatte ich von diesem Mittel niemals einigen Erfolg bemerken.
Auch andere Erschütterungen zeigten keine Wirkung. Es bedarf
kaum der Erwähnung, dafs das Schlagen mit einer Axt gegen den
Pfahl, wie zuweilen empfohlen wird, ganz zwecklos ist, aber selbst
der Stofs eines dreifsigfüfsigen Balken, den ich an zwei Tauen
horizontal aufhing, und wie einen Mauerbrecher schwingen und
gegen den Pfahl stofsen liefs, zeigte sich ganz erfolglos. Ebenso
zwecklos waren jederzeit die Schläge, die ich mit der Ramme auf
den Kopf des Pfahles führen liefs, während der Wuchtbaum ihn
gerade aufwärts zog. Dieses letzte Mittel ist mehrfach und an-
scheinlich mit grofsem Vortheil angewendet, ich habe aber dadurch
niemals auch nur die geringste Wirkung erreicht. Vielleicht ist es
in andern Bodenarten vortheilhafter. Perronet zog bei der Brücke
von Neuilly die Pfähle der Rüstungen und Fangedämme aus, indem
an beiden Seiten des Pfahles einscheibige Blöcke befestigte,
über Taue geschoren waren, die nachdem sie über feste Schei-
ben an der Ramme gelaufen, durch Winden angezogen wurden,
während die letzteren wirkten, liefs man den Rammklotz auf den
Pfahl fallen, wodurch derselbe sich aus dem Boden gelöst haben
soll. Die ganze Anordnung zeigt aber wohl, dafs hierbei kein

sonderlicher Widerstand zu überwinden war. Bei den Hafe
zu Sables d'Olonne benutzte Lamandé nach demselben Pri
Maschine, welche aus zwei einander entgegengekehrten
bäumen bestand, die beide auf das Herausziehn des Pfahles
während zwischen ihnen die Ramme befindlich war, deren
den Kopf des Pfahles trafen.*)

Gauthey erklärt die Wirksamkeit des Schlages auf
ziehn der Pfähle dadurch, dafs die eisernen Pfahlschuhe
was besonders bei der Berührung mit Seewasser bald erfol
sie alsdann die Sand- und Kiestheilchen in der Umgebung
verbinden, woher die Pfähle in diesem Falle auch zuweile
Sandklumpen heraufbringen sollen. Diese Erscheinung find
dings statt, doch waren die Stücke Conglomerat, die ich
Pfahlschuhen heraufkommen sah, immer nur einige Cubikzo
und konnten keinen merklichen Widerstand verursachen.
das Rammen nur dazu dienen soll, solche erhärtete Massen
brechen oder zu lösen, so wird es bei feststehenden Pfähl
wenig Erfolg haben. Ich habe immer gefunden, dafs der da
Zug viel wirksamer ist, als alle Erschütterungen, die man a
mochte. Wenn der Pfahl vom Wuchtbaume nicht gleich
wurde und selbst die am langen Hebelsarme aufgehifsten G
nichts fruchteten, so brach ich, wenn es möglich war, die
sogleich ab und beschäftigte die Leute anderweitig, währ
Wuchtbaum dauernd den kräftigen Zug ausübte. Wenn
eine solche Unterbrechung nicht füglich eintreten konnte,
ich den Wuchtbaum an andere Pfähle schieben, und be
Arbeit am Abende aufhörte, wurde noch der Zug gegen de
Pfahl dargestellt. Der Erfolg war jedesmal der, dafs der
baum am nächsten Morgen sich bis zum Boden gesenkt
Pfahl etwas gehoben hatte, und diese Bewegung war niema
lich eingetreten, sondern ganz unmerklich. Schon bei Ge
des Rammens ist erwähnt worden, dafs in jedem Boden, der
maafsen die Eigenschaften eines dickflüssigen Körpers h
dauernde todte Druck weit wirksamer ist, als der Stofs. Am
sten sollte man dieses noch beim Sande erwarten, da ich
auch hier bestätigt gefunden habe, so möchte ich den Nut

*) Gauthey, *Traité de la construction des Ponts. II. p. 270.*

itterungen überhaupt bezweifeln. Man wählt dieses Mittel, icht müfsig dem langsamen Erfolge entgegensehn zu dürfen, enn vielleicht ganz unabhängig von dieser Beihülfe die Be- g endlich eintritt, so ist man geneigt zu glauben, dafs sie rch veranlafst wurde.

Wenn der Pfahl sich etwas gehoben hat und der Wuchtbaum dem Zuge schneller herabsinkt, so verstellt man den Wucht- , so dafs die Drehungsachse in die hintern Pfannen kommt, lafs der kürzere Hebelsarm sich auf 2 Fufs verlängert. Als- steigt der Pfahl jedesmal höher auf, und wenn endlich auch hr wieder der Wuchtbaum mit grofser Geschwindigkeit nie- kt, so wird die schwere Kette ganz fortgenommen und eine re Kette am Pfahle und am untern Blocke des Flaschenzuges, uf dem Wuchtbaume liegt, befestigt und die Arbeiter ziehn fahl vollends aus dem Grunde.

s waren bei diesem Wuchtbaume im Ganzen sechs Mann mit lufs eines Zimmergesellen angestellt, nämlich drei Mann an rdwinde, ein Arbeiter stand auf dem Flosse und hatte dafür rgen, dafs die Kette sich nicht vom Pfahle löste, und der nebst dem Zimmermanne standen auf dem Wuchtstuhle um eile einzutreiben, zu lösen, die Vorsteckbolzen zu versetzen lergleichen. Der Arbeiter auf dem Flosse konnte, sobald die ge der Kette sich recht fest gezogen hatte, noch zur Hülfe rei Arbeiter an die Winde gehn. Auf diese Art wurden von schwersten Pfählen täglich durchschnittlich 4 Stück gehoben. Aenderung des Apparates hatte also die Folge, dafs nicht nur nzahl der dabei beschäftigten Arbeiter auf den dritten Theil ndert, sondern auch die Arbeit beschleunigt wurde. An den erken der beiden Hafen-Bassins hatte man bei früheren Re- ren und Neubauten die alten Pfähle immer im Grunde stecken , weil das Ausziehn derselben zu mühsam war. Mit diesem derten Wuchtbaume boten jedoch die Pfähle, die hier nur fs lang waren, so wenig Widerstand, dafs sie beim ersten llen sogleich willig folgten, wenn daher wegen ungünstiger rung eine andere Arbeit unterbrochen wurde, oder sonst auf Zeit ein Theil der Tagelöhner nicht gehörig beschäftigt werden e, so stellte ich sie an den Wuchtbaum, und liefs sie diese Pfähle ausziehn. Sie hoben an einem Tage 8 bis 12 Stück

derselben und es wurde dadurch nicht nur der Hafen gerei
dern noch eine Menge Holz gewonnen, welches zwar we
das frische Holz war, aber dennoch zu Rüstungen und viele
Zwecken mit Vortheil verbraucht werden konnte.

Vorstehend ist der Erdwinde gedacht worden, und d
eine sehr kräftige, leicht darzustellende und leicht zu trans
Maschine ist, welche auf den Baustellen vielfach angewe
den kann, so darf ihre Beschreibung hier nicht fehlen.
a und *b* zeigt sie in der Ansicht von der Seite und im
In dem Grundrifs ist die Spindel oder die senkrechte Wel
genommen gedacht, die in Fig. 229 *a* gezeichnet ist. D
mensetzung des Rahmens zeigen die Figuren, man läfst zu
beiden Schwellen auf der dem Zuge entgegengesetzten Se
eine Spitze vereinigen und überblattet sie hier, wodurch d
noch etwas mehr Festigkeit erhält. Der Zug, der durch
tung des Taues bestimmt wird, entfernt sich zuweilen
oder auch wohl noch mehr von dem Boden, und es entst
die Gefahr, dafs die beiden Stiele herausgerissen und um
Ende der Streben gedreht werden möchten, es ist desha
haft, gekröpfte eiserne Schienen gegen die Stiele zu nage
die Schwellen zu legen, oder diese Schienen unten in
gehn zu lassen, welche durch die Schwelle hindurchgreif
mit Schraubenmuttern gehalten oder verniethet werden.
gung geschieht sonst in allen Theilen nur mit starken N
wo eine Bohle gegen die andere genagelt ist, wird die
Nagels abgekniffen, eine Niethscheibe aufgesetzt und dari
breit geschlagen. Verbindungen dieser Art sind beim
ganz gewöhnlich, und wie die Erfahrung lehrt, sehr fest
haft. Die Spindel steht mit dem untern Zapfen in ei
Loche auf dem mittlern untern Riegel, und mit dem
sie in einem passenden Einschnitte des obern Riegels. Eis
kommen hier nicht vor, es befindet sich nur ein eiserne
dem viereckigen Kopfe der Spindel, um das Aufspalte
zu verhindern. Der Zug des Taues drückt immer die
ihrem obern Halse in den Einschnitt des Riegels, es is
Herausfallen derselben beim Gebrauche der Winde unde
auch wenn die Winde nicht gebraucht wird, steht die
ihrem Fufse auf dem untern Riegel sicher auf. Aus die

ein Bügel oder Ueberwurf am Halse entbehrlich. Die eigenthümlich ausgeschmiegte Form im untern Theile der Spindel wird durch die Benutzungsart der Winde bedingt.

Will man die Winde anwenden, um etwa einen sehr schweren Körper zu ziehn, oder ihn auf einer flach geneigten Ebene zu heben, so kommt es zunächst darauf an, die Winde so fest zu stellen, dafs sie nicht etwa selbst fortgezogen wird. Das gewöhnliche Mittel hierzu ist, dafs man kleine Pfählchen vor die Riegel der Winde in den Boden einschlägt, wie die Figur vier derselben zeigt. Zuweilen geschieht dieses aber nicht, und man mufs alsdann durch eine Kette, die um den hintersten Riegel geschlungen ist, die Winde an einen andern festen Gegenstand befestigen, z. B. an einen Baum oder einen starken Pfahl, auch wohl an einen eingegrabenen schweren Schiffsanker u. dergl. Ist in dieser Art das Gestell in der gehörigen Richtung sicher befestigt, so setzt man die Spindel ein, versieht sie mit den Durchsteckarmen und schlingt das Tau, welches angezogen werden soll, um den dünnsten Theil der Spindel herum. Man macht gewöhnlich drei Windungen, doch zuweilen auch nur zwei: wenn aber der Zug sehr stark ist, deren vier. Diese Windungen müssen so gerichtet sein, wie Fig. 229 *a* angiebt, nämlich so, dafs beim Anziehn des Taues dasselbe sich immer höher auf die Spindel heraufiegt. Das blofs umgeschlungene Tau würde beim Drehn der Winde gar nicht fortgezogen werden, wenn nicht an dem hintern freien Ende desselben einige Spannung stattfände. Um diese darzustellen, sitzt ein Arbeiter auf dem hintern Riegel der Winde, das Gesicht nach der Spindel gekehrt, die Durchsteckarme gehen über seinem Kopfe fort, so dafs er deren Bewegung nicht hindert. Indem die Reibung eines Taues, welches um eine Welle geschlungen ist, sich mit der Vermehrung der Windungen aufserordentlich vergröfsert, so ist ein Gegendruck von einem Pfunde schon hinreichend, die Reibung so zu verstärken, dafs sie bei drei Windungen einen Widerstand von mehr als 5 Centnern ausübt und bei vier Windungen schon von mehr als 40 Centnern. Auf solche Art kann ein Arbeiter ohne grofse Anstrengung das Tau gehörig fest anziehn, und wie das Ende, welches er in der Hand hält und spannt, sich verlängert, so schiefst er dasselbe zugleich regelmäfsig auf, so dafs es nach gemachtem Gebrauche sogleich fortgetragen und anderweitig benutzt werden kann. Hierbei rücken die Windungen des Taues immer höher an der Spindel her-

auf und es würde endlich die Arbeit ganz unterbrochen
wenn nicht von Zeit zu Zeit das sogenannte Schrecken
Jener Arbeiter ruft nämlich der übrigen Mannschaft zu,
anhalten solle, und gleich darauf schiebt er das Ende, d
der linken Hand hält, etwas vor, die sämmtlichen Windung
sich dadurch augenblicklich, und da der Durchmesser der
sich nach unten stark verjüngt, so kann derselbe Arbeiter l
der rechten Hand das Tau wieder auf die dünnste Stelle der
herabdrücken. Es erfolgt diese ganze Operation, wenn der
geübt ist, in der Zeit von etwa einer Secunde, und es wä
das Anhalten der Winde gar nicht nöthig, wenn man nicht
den wollte, dafs bei dem plötzlichen Aufhören des Wide
die sämmtlichen Arbeiter, sobald dieses ganz unerwartet g
hinfallen könnten.

Um den Effect dieser Winde zu beurtheilen, mufs beme
den, dafs die Reibung, die hier nur Achsenreibung ist, ziem
bedeutend bleibt. Die Arbeiter entwickeln aber an den H
men, die sie vor sich schieben, ohne grofse Anstrengung d
von etwa 60 Pfund, und wenn es nöthig ist und sie sich
biegen, so steigert sich dieselbe leicht auf das Doppelte. M
sonach durch vier Mann einen Zug von 30 bis 60 Centnern
da aber theils durch längere Arme und theils durch Ver
der Mannschaft diese Kraft sich aufs Neue steigert, ohne
schine wesentlich zu verändern, so ergiebt sich hieraus d
Wirksamkeit dieses so leicht darzustellenden Apparates.

Das Material, woraus die Erdwinde gebaut wird, ist Eic
die Durchsteckarme müssen aber nicht aus starken Stämm
geschnitten sein, vielmehr aus schwachen Bäumen bestehn,
etwas beschnitten sind. Am besten ist es, hierzu junge Birke
zu benutzen, die wegen ihrer Zähigkeit einem Bruche am w
ausgesetzt sind. Man kann diese leicht auf 24 Fufs verlän
dafs jeder einzelne Arm 12 Fufs lang wird, und alsdan
16 Mann an der Winde Platz und können ihre volle K
Spindel mittheilen, ohne dafs ein Bruch erfolgt.

Bei der in Rede stehenden Anwendung der Erdwinde
ben des Wuchtbaumes braucht man jedesmal nur etwa 5
hungen zu machen, alsdann wird die Winde, wenn der Wu
sinkt, auch wieder zurückgedreht und dieses wiederholt sic

gleicher Art. Man kann deshalb in diesem Falle denjenigen Ar-
, der das hintere Ende des Taues hält, entbehren, indem man
s Ende an die Spindel annagelt, alsdann ist es aber zweckmäs-
eine cylindrische Spindel zu benutzen, wodurch man den Vor-
erreicht, dafs der nöthige Druck gegen die Durchsteckarme
ändert derselbe bleibt. Hierbei kommt noch der Umstand in
cht, dafs, wenn die Winde für mehrere Pfähle stehn bleibt,
Tau nicht immer die passende Länge hat. Man mufs alsdann
Wuchtbaum jedesmal an eine andre Stelle des Taues befesti-
, und das übrigbleibende Ende des letzteren auf den Wuchtbaum
n, oder es mit einer dünnen Leine an den Haken binden.

In neuerer Zeit benutzt man vielfach gufseiserne Erdwin-
, die sich von den vorstehend beschriebenen dadurch unterschei-
, dafs sie zwei Trommeln haben, welche mit einer Anzahl
förmiger Rillen versehn sind, wie Fig. 256 auf Taf. XIX zeigt.
gleichen Durchmessern haftet auf diesen beiden Trommeln das
eben so fest, wie auf einer einzelnen, es tritt dabei aber der grofse
theil ein, dafs die Arbeit nicht durch das Schrecken unterbrochen
den darf. Die Achse der eigentlichen Erdwinde, woran die Zug-
me angebracht sind, befindet sich an dem mittleren Getriebe,
dies beide Trommeln gleichmäfsig und in derselben Richtung
t. Der Arbeiter, der das abgewundene Tau in Spannung ver-
, kann auch hier nicht entbehrt werden. Dabei wäre noch zu
erken, dafs man die Rillen beider Trommeln etwas genauer ein-
er gegenüberstellen kann, wenn man die Achsen der letzteren
ntgegengesetztem Sinne ein wenig neigt.

Die Anwendung des Wuchtbaumes zum Ausziehn der Pfähle
besonders in dem Falle sehr schwierig, wenn einzelne Pfähle
iefes Wasser gerammt sind und sonach kein fester Stützpunkt
den Hebel vorhanden ist. Wenn man nicht starke Rüstungen
en will, so ist man auf die Benutzung von Schiffen oder kleine-
Fahrzeugen hingewiesen. Die Art, wie diese zum vorliegen-
Zwecke gebraucht werden, verdient eine nähere Auseinander-
ung, da namentlich leicht eingerammte Rüstpfähle hierdurch sehr
nem gehoben werden können.

Dafs man auch auf Schiffen den Wuchtbaum benutzt, ist kei-
wegs ohne Beispiel, doch mufs man dabei vermeiden, einen ein-
en Theil des Fahrzeuges einer zu starken Belastung auszusetzen,

auch erschwert das verschiedenartige Eintauchen, welches
eintritt, die Arbeit aufserordentlich. Das Heben der Pfähle
Winden kann ohne Umstände auch von Fahrzeugen aus g
und zwar um so leichter, als diese gewöhnlich schon mit k
Windevorrichtungen zum Heben der Anker versehn sind. I
Art wurden, wie bereits erwähnt, die alten Rostpfähle beim
bau in Amsterdam fortgeschafft. Wenn man aber dieses M
wendet, so ist man immer nur auf diejenige Kraft beschränkt,
die Windevorrichtung selbst auszuüben im Stande ist, und dies
gemeinhin nicht, um fest eingerammte Pfähle zu heben. M
indessen einen sehr starken Zug hervorbringen, wenn man
drostatischen Druck, den ein grofses Fahrzeug erfährt,
ziehn des Pfahles benutzt. Belastet man nämlich ein Schiff,
recht tief eintaucht, und befestigt alsdann an einer angg
Stelle desselben die um den Pfahl geschlungene Kette, so
Schiff, sobald die Ladung herausgenommen ist, mit gro
den Pfahl aufwärts ziehn und denselben heben. Am e
macht sich dieses, wenn man das Schiff voll Wasser l
und letzteres darauf auspumpt, in ähnlicher Art, wie bei A
mittelst der sogenannten Kameele die sehr tief gehenden S
hoben wurden. Man kann hierbei auch die Abwechselung
serstandes benutzen, die in Folge der Ebbe und Fluth in
ten Perioden sich wiederholt. Auf solche Art sah ich bei
Pfähle ausziehn. Es wurden nämlich zwei Kähne zu beid
des Pfahles gestellt, durch eine starke Balkenrüstung mi
verbunden, um die Last möglichst gleichmäfsig zu verb
hieran zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes der Pfahl
Sobald das Wasser zu steigen begann, so äufserte sich d
statische Druck desselben gegen die Kähne, die sich en
wenn bei dem zunehmenden Drucke der Pfahl nachgab. D
fahren dürfte sehr vortheilhaft scheinen, da man eine Natu
nutzt, welche keine Kosten verursacht. Der Gewinn ist a
That nicht grofs, denn zunächst ist der Zeitverlust sehr un
da man in einem Tage mit dem kostbaren Inventarium
mit zwei Schiffen, höchstens zwei und gewöhnlich sogar
Pfahl heben kann. Sodann aber sind die Kosten eben
Schiffsmiethe auch bedeutend, und es tritt noch die Gef

r Pfahl nicht sobald nachgiebt und die Fahrzeuge wegen der ımäfsigen Belastung leiden.

ɔnn nur leicht eingerammte Rüstpfähle ausgezogen werden ɔo genügen hierzu schon grofse Seeböte, indem man die Zug- ı das vordere Ende befestigt, wo das Boot wegen des vollen am meisten trägt. Davy beschreibt eine Vorrichtung dieser s wird nämlich auf dem Boden eines solchen Bootes der ıach eine Eisenbahn angebracht, worauf ein Wagen steht, bedeutende Last trägt, und zwei Winden sind aufgestellt, deren man den Wagen von einem Ende nach dem andern ınn. Man schiebt ihn zunächst nach vorn und bringt die Pfahl geschlungene Kette über das Spill oder die horizontale nd zieht die Kette steif an. Alsdann bringt man den Wa- hintere Ende des Fahrzeuges, wodurch das vordere Ende ıser aufwärts gedrückt wird. Sobald der Pfahl nachgege- schiebt man den Wagen wieder nach vorn, zieht die Kette ɔm an und so fort.

ähnliches Verfahren habe ich zum Ausziehn der Rüstpfähle Wasser vielfach angewendet. Zum Bauinventarium gehörte ɔbautes Fahrzeug, das ursprünglich zu einem englischen Bal- r bestimmt war. Ich liefs in dieses eine Last Ballast hin- ı und bemannte es mit etwa sechs Arbeitern. Der Ballast ıgs ganz vorn und sonach neigte sich das Fahrzeug auch Richtung stark über. In dieser Stellung wurde die Kette steif angezogen, alsdann mufsten die Leute den Ballast intere Ende werfen, wobei gewöhnlich schon der Pfahl sich h ehe die ganze Last versetzt war, und wenn dieses nicht so liefs ich den Zug dauernd ausüben, während die Leute ig beschäftigt wurden. Nachdem der Ballast einige Male ɔn und dabei die Kette immer von Neuem angezogen war, der Widerstand des Pfahles sich so sehr vermindert, dafs gen des Ballastes umgangen werden konnte. Wenn in sol- ıe die sämmtlichen Pfähle gelöst waren, so wurde der Bal- eschafft, wodurch das Fahrzeug eine gröfsere Beweglichkeit ınd statt des Ballastes benutzte ich nunmehr nur das Ge- ı etwa zwölf Arbeitern. Diese mufsten sich zuerst möglichst vorn stellen und nachdem die Kette des Pfahles angezo-

gen war, gingen sie nach hinten, worauf der Pfahl sich wieder hob, die Kette wurde aufs Neue steif gezogen und so fort. Der Pfahl wurde hierdurch sehr schnell so lose, dafs er bald mit der Ankerwinde ausgezogen werden konnte.

§. 42.

Darstellung der Baugrube.

Wenn man bei der Aufstellung eines Bauprojectes sich für eine gewisse Fundirungsart entschieden und die Lage und Ausdehnung des Fundamentes bestimmt hat, so ergiebt sich hieraus die erforderliche Gröfse der Baugrube, sowie auch die Tiefe, in welcher dieselbe ausgehoben werden mufs. Gemeinhin darf man das Aufgraben nicht weiter als bis zur untern Grundfläche des Fundamentes ausdehnen, und nur bei Pfahlrosten wird man, um die Pfähle mit Zapfen versehn und die Rostschwellen aufbringen zu können, die Vertiefung etwas unter den eigentlichen Rost herabtreiben, da jedoch auch dieser untere Raum nicht mit der ausgegrabenen Erde wieder verschüttet, sondern entweder mit einem festen Thonschlage oder mit Mauerwerk ausgefüllt wird, so kann man letzteres schon als einen Theil des Fundamentes betrachten, und sonach wird selbst in diesem Falle die Baustelle bis zu der Tiefe aufgegraben, wo das Fundament beginnt. Die Länge, sowie die Breite der Baugrube, mufs jedesmal gröfser als die des eigentlichen Fundamentes sein, und namentlich ist dieses nothwendig, wenn bei der Fundirung bedeutende Rammarbeiten vorkommen, weil diese durch eine starke Beschränkung des Raumes erschwert werden. Man mufs aus dem Grundrisse entnehmen, wie weit die Baugrube zu erweitern ist, um jeden einzelnen Pfahl bequem einrammen und zugleich die übrigen erforderlichen Apparate, wie etwa die Wasserhebungsmaschinen, Wuchtbäume, Böcke, Rüstungen und dergleichen aufstellen zu können. Bei ausgedehnten Fundirungen wird man mindestens einen freien Raum von 5 Fufs gebrauchen, der sich in der Sohle der Baugrube rings um den Rost herumzieht, doch fehlt es nicht an Beispielen, dafs man ihn auch viel gröfser gewählt hat und namentlich hat dieses Perronet jedesmal gethan. Eine zu grofse Erweiterung der Baugrube hat aber

achtheil, dafs der Zudrang des Wassers auch in demselben sich zu vermehren pflegt, wodurch nicht nur die Kosten für höpfen vergröfsert, sondern auch der Baugrund verdorben wird. nen sehr starken Wasserzudrang zu verhindern, ist es nicht ihnlich, dafs man die Baugrube in mehrere Theile zerlegt. nzelne Abtheilung läfst sich alsdann durch Anwendung der chen vorhandenen Schöpfmaschinen leichter trocken legen. t sich hierbei indessen der Uebelstand, dafs zwischen den denen Theilen des Fundamentes kein gehöriger Verband dar- werden kann und dieses ist besonders bei solchen Bauwer- lenklich, von denen man eine vollständige Wasserdichtigkeit . Dieses wäre z. B. bei den Schiffsschleusen der Fall, wo ne Trennung des Grundbaues gern vermeidet. Bei andern ken, die aus vollen Mauermassen bestehn, und wo man von ndamente mehr die sichere Unterstützung des darüber gestellten als Wasserdichtigkeit erwartet, kann eine solche Trennung nem wesentlichen Nachtheile sein, und häufig bringt die An- des ganzen Baues es schon mit sich, dafs die tragenden nicht unmittelbar neben einander liegen und sonach besondere ente erhalten müssen, wie dieses z. B. bei gröfsern Brücken ner geschieht.

der Theilung der Baugrube giebt zuweilen auch der Um- eranlassung, dafs man nicht auf einmal den Bau in seiner Ausdehnung ohne Störung der Communication oder Hemmung asserlaufes in Betrieb setzen kann. Um hiervon ein Beispiel ren, so ist zu erwähnen, dafs bei der Brücke zn Moulins n Allier, wo die sämmtlichen Pfeiler eine zusammenhängende ng erhielten, eine Trennung in der Art vorgenommen wurde, n das Bette des Flusses erst auf die eine und alsdann auf ere Seite verlegte.

e Wände der Baugrube dürfen nur in dem Falle, wenn der aus Felsen besteht, sich senkrecht erheben, sonst müssen sie e Neigung erhalten, in welcher die Erde sich noch sicher Die Vorausbestimmung dieser Neigung ist insofern oft schwie- manche Erdarten viel fester zu sein scheinen, als sie wirklich Namentlich findet dieses bei gewissen Gattungen von Thon e beim ersten Abstechen sich beinahe senkrecht und oft so- rhängend erhalten, die aber, wenn sie längere Zeit hindurch

dem Einflusse der Luft und der Witterung blofs gestellt sind, so stark abfallen, dafs sie zuletzt ebenso flach geböscht sind, wie der trockne Sand. In dieser Beziehung kann es bei einem recht feinen Thone, der beim Trocknen vielfache Risse bekommt und abbröckelt, sogar zur Verminderung der Kosten beitragen, wenn man ihn mit einer dünnen und etwas geneigten Einfassungsmauer umgiebt. Man braucht dabei, wie Perronet bemerkt, für einen guten Mörtel keinerwegs zu sorgen, denn eben dieser Thon vertritt schon die Stelle desselben und die rückwärts geneigte Lage der Steinschichten verhindert das Ausfallen einzelner Theile. In andern Mischungsverhältnissen und namentlich bei einem starken Zusatze von Kalk saugt der Thon leicht Wasser ein und nimmt dabei vollständig die Eigenschaften einer Flüssigkeit an, so dafs er nach und nach eine horizontale Oberfläche bildet. Dieses ist derjenige Baugrund, worin eine Grube am schwierigsten zu eröffnen ist. Durch Absteifungen kann man den Boden wohl einige Zeit hindurch zurückhalten, doch erfordert dieses eine feste Verstrebung und zugleich eine ziemlich dichte Umschliessung. Am sichersten ist es, die Veranlassung zu der gefährlichen starken Durchnässung zu vermeiden, indem man die Quellen, die hineintreten könnten, abfängt und anderweitig ableitet, und demnächst, dafs man den Bau möglichst beschleunigt, um die Baugrube bald wieder verfüllen zu können.

Perronet*) giebt in Betreff der Dossirungen, welche verschiedene Erdarten annehmen, manche interessante Mittheilungen: der Töpferthon steht kürzere Zeit hindurch bis auf 30 Fufs Höhe ganz senkrecht und sogar überhängend. Frische Gartenerde, die noch nicht umgegraben worden und manche Sandarten, welche eine starke Beimischung von Thon enthalten, stehn auch noch beinahe senkrecht, doch nimmt der feine und trockne Sand sogleich eine Neigung an, die nur unter 30 Graden gegen den Horizont ansteigt. Wenn man dagegen in aufgeschütteter Erde gräbt, oder wenn man die ausgehobene Erde abgelagert hat, so gelingt es bei den festeren Bodenarten nicht mehr, so steile Neigungen darzustellen, wie beim erstmaligen Abgraben. Der reine Sand behält in beiden Fällen dieselbe Neigung, während Thon und andre Erdarten sich höchstens unter einem Winkel von 30 bis 36 Graden gegen den Horizont aufbringen lassen.

*) *Sur les éboulements* in der *Description des Ponts. p.* 631 ff.

Ausnahme macht der grobe Kies oder Steinschutt, der noch einem Winkel von 45 Graden aufgeschüttet werden kann.
idem die frische Erde durch längere Berührung mit der Luft genschaften verliert, wodurch sie Anfangs sich so steil erhalten , so wird man, wenn die Baugrube lange geöffnet bleiben en Wänden nur die Neigung von 36 bis 30 Graden, oder die s 1½fache Anlage geben dürfen. Gemeinhin begnügt man dessen, den Neigungswinkel zu 45 Graden anzunehmen und cht man ihn noch gröfser.
itunter ist es in ähnlicher Art, wie bereits bei Gelegenheit usführung der Brunnen und Entwässerungsgräben bemerkt , nicht möglich, die Baugrube in einer gewissen Tiefe darn und sie zugleich vom Wasser frei zu halten, indem letzteres tarken Zudrange immer die Erde mit sich reifst und die von Neuem anfüllt. In diesem Falle mufs man eine andre ngsart wählen, wobei die Trockenlegung der Baugrube rmieden wird, oder doch nicht früher eintreten darf, als bis len sicher überdeckt ist. Die nöthige Vertiefung läfst sich aber nicht durch Graben darstellen, sondern mufs durch rn bewirkt werden. Von diesen Fundirungsarten wird lie Rede sein.
wöhnlich läfst man die Seitenwände der Baugrube nicht nterbrechung bis zur Sohle herabreichen, sondern bringt hen in verticalen Abständen von etwa 6 Fufs noch Banon 4 bis 6 Fufs Breite an. Durch diese wird die Neigung nde noch mehr ermäfsigt, und man erreicht sonach eine gröfsere Sicherheit gegen das Einstürzen der Dossirungen. reten zugleich andere Vortheile ein, wenn nämlich hin und einzelne Theile in den Wänden nachgeben und herabfallen, ten sie nicht mehr bis auf die Sohle der Grube, sondern auf dem nächsten Banket liegen. Auch kann man diese sehr zweckmäfsig zum Aufstellen von Utensilien und Ma- benutzen, und dadurch der Baugrube etwas mehr Räumgeben, doch mufs man sich hüten, zu grofse Lasten darauf gen, weil die Bankete sonst unter denselben nachgeben. darf auch diejenige Erde, welche zur späteren Ausgleichung lens in der Nähe der Baugrube abgelagert wird, nicht unr am Rande der letzteren hoch aufgeschüttet werden, weil

dadurch gleichfalls die Dossirung gefährdet, oder wenn das M
aus Sand besteht, dieser herabgeweht werden könnte. D
Erde aber, die später nicht gebraucht wird, mufs man sogl
die dafür bestimmten Stellen schaffen, um das mehrfache A
Abladen zu vermeiden.

Ueber die vortheilhafteste Anordnung der Erdarbeiten
Gelegenheit des Canalbaues die Rede sein, hier wäre nur
auf die Erdtransporte Einiges zu erwähnen. Beim A
einer Baugrube sind nämlich häufig bedeutende Erdmassen
denselben Punkten zu bewegen, während bei Canälen und
ausgedehnten Anlagen die zu transportirende Erde von vers
Stellen entnommen und immer an andere Stellen gebrac
die meist weit von einander entfernt liegen. Im vorliegen
ist daher eine Erleichterung des Erdtransportes insofern
als die betreffenden Vorrichtungen für die ganze Dau
Arbeit gebraucht werden, ohne dafs man sie verstellen da
ist noch der Umstand von Wichtigkeit, dafs gewöhnlich da
stark gehoben werden mufs. Wollte man dieses dadurch
dafs man die Pferde unmittelbar vor die Wagen spannt,
deren Leistung viel geringer ausfallen, weil das Pferd nicl
eigentliche Ladung nebst dem Wagen ziehn, sondern a
mal sein eigenes Gewicht heben mufs. Es ist daher
durch einen Pferdegöpel oder eine Dampfmaschine die
zu der Stelle der Bahn heraufziehn zu lassen, wo die stark
aufhört. Aufserdem mufs dafür gesorgt werden, dafs die
hergehenden Wagen einander nicht hindern, auch das
keine Unterbrechung leidet, und überhaupt der ganze Be
regelmäfsig erfolgt.

Wird die Erde in Handkarren heraufgeschoben, so
dabei insofern eine Erleichterung einführen, als man
zeitig heraufgehende beladene Karre mit der herabgehen
ein über eine Rolle gezogenes Tau verbindet. Der hei
Arbeiter, der sonst die Karre nur zurückhalten würde,
alsdann gleichfalls mit einer gewissen Kraft vor sich,
dadurch mit dazu bei, die volle Karre hinauf zu schaf
englischen Baustellen habe ich diese Anordnung wiede
gesehn, und zwar hatten alsdann die Bahnen sehr steile S

Dafs die Anlage leichter Eisenbahnen grofse

darf kaum erwähnt werden, die Beschreibung derselben in gewöhnlichen Anordnung gehört zwar nicht hierher, doch h die Construction einer solchen Bahn und der dazu ge- Wagen mittheilen, die ich im Jahre 1828 in Pillau aus rt vorräthigen Material zusammenstellte und mehrere Jahre h vortheilhaft benutzte. Fig. 230 *a* und *b* zeigt diese Bahn Ansicht von der Seite und von vorn. Ein vierzig Fufs kieferner Balken war der Länge nach durchschnitten und tücke waren durch vier Riegel und drei Schraubenbolzen m festen Rahmen verbunden, der die Bahn bildete. Die Kanten waren gebrochen, um die schmale Fläche darzu- welche die eiserne Schiene trug. Das Gewicht eines solchen iles war nicht viel gröfser, als das eines 40 Fufs langen es liefs sich bequem auf einem zweirädrigen Wagen trans- und eine grofse Erleichterung für weitere Transporte lag rin, dafs der Rahmen im Wasser schwamm und die Be- ihm auch nicht schadete. Von diesen Bahnen wurden nach en zwei bis vier zusammengesetzt und die grofse Stärke es erlaubte es, die Unterstützungen in weiten Entfernungen gen. Am deutlichsten zeigte sich dies beim Löschen der ich legte ein Ende einer solchen Bahn auf das Fahrzeug, e Steine angeliefert wurden und das andre auf die Rüstung , woher der Rahmen fast in seiner ganzen Länge frei lag, h gingen Steine darüber, die bis 30 Cubikfufs hielten. ab sich noch der grofse Vortheil zu erkennen, dafs ein Schwanken des Schiffes bei mäfsigem Wellenschlage nicht e Aufstellen des Steines auf den Wagen verhinderte, denn gen nebst demjenigen Ende der Bahn, worauf er stand, alle Schwankungen des Schiffes mit, und so wurde das der Steine nicht leicht durch ungünstige Witterung unter- Sodann konnten mittelst dieser Bahn, wenn ihr Ende Bohlwerk etwa 6 Fufs weit vortrat, auch Fahrzeuge be- rden, ohne dafs man für eine besondere Unterstützung des nden Endes sorgen durfte.

Zusammensetzung des Wagens richtete sich nach der d Gröfse der gufseisernen Scheiben, die zufälliger Weise enbau-Inventarium gehörten. Von denjenigen Einrichtungen, heut zu Tage bei Eisenbahnwagen anwendet, konnte damals

und unter den dortigen Verhältnissen nicht die Rede sein. Alles mufste so angeordnet werden, dafs es sich ohne grofse Kosten durch einen gewöhnlichen Schmid ausführen liefs. Die Achsen bestanden aus Eisenstangen von quadratischem Querschnitt, die $1\frac{1}{4}$ Zoll breit und hoch waren, die cylindrischen Ansätze, um welche sich die Räder drehten, hatten $1\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser. Diese Achsen waren in zwei Stücke Eichenholz von 4 Zoll Breite und Höhe eingelassen und zwei Langbäume von denselben Dimensionen verbanden sie miteinander. Vier Schraubenbolzen gaben dem so gebildeten Rahmen die nöthige Festigkeit und griffen zugleich durch die Achsen hindurch. Die Spurweite des Wagens maafs $2\frac{1}{2}$ Fufs. Ich versuchte zuerst den Wagen nur auf einer Holzbahn, also ohne eiserne Schienen gehn zu lassen, wo sich schon eine merkliche Erleichterung gegen die gewöhnlichen Erdwagen zeigte, denn ein mit 20 Cubikfufs Sand oder Kies beladener Wagen konnte bequem durch zwei Arbeiter fortgeschoben werden. Sobald indessen feuchte Witterung eintrat, so nahm der Widerstand sehr merklich zu und alsdann trat auch eine starke Abnutzung der Bahn ein. Hiernach war die Anwendung von Schienen nicht zu umgehn. Ich versuchte zuerst zu denselben ganz schwaches Bandeisen anzuwenden, welches 1 Zoll breit und noch nicht voll 1 Linie stark war. Den erwähnten Uebelständen wurde hierdurch auch vorgebeugt, aber es zeigte sich die eigenthümliche Erscheinung, dafs durch gröfsere Lasten, die darüber gingen, die Schienen förmlich ausgewalzt wurden. Dieselben lagen nämlich, wenn die Bahn nicht gebraucht wurde, ziemlich gespannt auf dem Rahmen, sobald aber der Wagen schwer beladen darüber gezogen wurde, so erhoben sich die Schienen vor den Rädern und bildeten wellenförmige Krümmungen, die vor dem Wagen herliefen und gewöhnlich die sämmtlichen Nägel, womit sie befestigt waren, gewaltsam herausrissen, so dafs diese oft hoch in die Luft flogen. Als ich später den Schienen die Stärke von $1\frac{1}{2}$ Linien oder $\frac{1}{8}$ Zoll gegeben hatte, verschwand auch dieser Uebelstand, und nur beim Laufen sehr grofser Steine, wo der Einfluſs der starken Einbiegung der Bahn auch schon merklich werden mochte, gab sich zuweilen dieselbe Erscheinung wieder zu erkennen. Die Schienen hatten die Breite von 1 Zoll und der laufende Fufs wog $\frac{1}{3}$ Pfund.

Wenn der Wagen zum Steintransport benutzt werden sollte, so durften nur einige Lagerhölzer darauf gelegt, oder leicht befestigt

en, wenn dagegen Erde oder Sand und Kies damit verfahren wurde, ar es nöthig, für ein leichtes Entleeren des Kastens zu sorgen. Kasten hatte die Gestalt eines Trichters und war aus einzölligen ern, die in den Kanten gegen Leisten genagelt waren, zusammenge-. Am Boden hatte er eine Oeffnung, die mittelst einer beweglichen ppe geschlossen wurde. Letztere war an der einen Seite durch i Charniere oder Bänder befestigt, und die untern Arme derselverlängerten sich bis auf die andere Seite, wo sie in Oesen ausgen. Hier waren die Leinen angesteckt, womit man die Klappe en und herablassen konnte. Die Figuren zeigen die ganze Eintung. Die Bodenklappe ist in ähnlichen Fällen schon häufig utzt worden, doch giebt man ihr immer eine andere Einrichtung, l hebt und schliefst sie gewöhnlich durch Griffe und Haken, die ch Federn angedrückt werden. Es treten jedoch dabei manche belstände ein: der Arbeiter mufs sich nämlich bücken und mit Hand die Klappe aufheben, ferner ist ein recht scharfes Anziehn Klappe dabei nicht möglich, und endlich wird dieselbe durch Haken nur an einem Punkte unterstützt, woher sie leicht durchgt. Bei der hier gewählten Einrichtung ist das Verfahren sowohl m Oeffnen, als beim Schliefsen sehr einfach und bequem und die ppe kann jedesmal scharf angezogen werden. Zwei Leinen, die die Arme der Charniere befestigt sind, gehn durch gehörig weite schnitte zwischen dem erwähnten Rahmen und dem Kasten hinch und sind über zwei Klampen geführt, welche seitwärts auf letzten genagelt sind. Die Gestalt dieser Klampen, welche Hornklampen nennt, wenn sie wie hier nur einen aufwärts geteten Arm haben, ergiebt sich aus den beiden Figuren. Sie diezum scharfen Anziehn und Befestigen der Taue auf Schiffen, sie allem laufenden Tauwerk die nöthige Haltung geben. Einige bung verursachen sie freilich, doch kommt es im vorliegenden le hierauf nicht an. An die eine Leine ist ein kleiner Block beigt und um denselben ist die andere Leine gezogen. Sobald man lose Ende der letzten anzieht, so wird die Klappe auf beiden ten gehoben. Hat man aber jenes Ende scharf angezogen und Klappe genau geschlossen, so giebt die Klampe Gelegenheit, die ine mit der vollen Spannung zu befestigen. Fig 230 *a* zeigt die r einfache Befestigungsart der Leine, man fafst nämlich von ihrem en Ende eine Schleife, und zieht diese unter der Leine möglichst

weit auf die Klampe. Alsdann bedrückt die stark gespannte selbst das untere Ende und die Verbindung kann sich nicht bis man an dem losen Ende zieht und die Schleife hervo Wenn der Arbeiter die Klappe wieder heben und befestige nachdem der Inhalt des Kastens herausgefallen ist, was in d von einigen Secunden geschieht, so zieht er die Leine, die er Hand behalten hat, wieder an und versteckt das Ende de in der erwähnten Art, alsdann ist der Wagen sogleich zu nahme der neuen Füllung vorbereitet.

§. 43.

Umschliefsung der Baugrube.

Indem das Verlegen der Roste, das Aufbringen der Fach so wie auch viele andre Arbeiten bei der Fundirung sich n Trockenlegung der Baugrube ausführen lassen, diese aber n ten in dem Flufsbette selbst, oder in einer gröfseren Wass sich befindet, so mufs sie durch eine wasserdichte Wand werden. Dergleichen Wände, die oft nur in Dammschüttur stehn, jedesmal aber nach Beendigung des Baues wieder werden, nennt man Fangedämme. Bevor ich zur Besc derselben übergehe, mag einer Vorkehrung gedacht werden, man, ohne die ganze Baugrube zugänglich zu machen, de maligen Abschlufs nur auf einen sehr kleinen Theil derse schränkt, um einzelne unter Wasser befindliche Verbandsti Verbindung mit andern vorzubereiten. Auch in der Tauch ist dieses vielfach geschehn, von der jedoch erst später d sein kann.

Beim Bau verschiedner Eisenbahn-Brücken in den Nied wurden wasserdichte hölzerne Kasten benutzt, die in mit einer Oeffnung versehn waren, durch welche der Rostpfal sie schwimmend darüber geschoben und gesenkt waren, hine Nach Verschliefsung der Fuge rings um den Pfahl konnten gepumpt werden, und so war es möglich bis zur Tiefe von unter Wasser an den Rostpfahl einen regelmäfsigen Zapfe schneiden, der in die später darauf zu bringende Schwelle

Kasten war 6 Fufs lang, 4 Fufs breit und 3 Fufs hoch, und ein Prahm zusammengesetzt und abgedichtet. Fig 257 auf Taf. zeigt ihn im Querschnitt. In der Mitte seines Bodens befand eine Oeffnung von solcher Gröfse, dafs jeder abzuschneidende l mit hinreichendem Spielraum darin eindringen konnte. Um Rand dieser Oeffnung war ein leinener Sack genagelt, der im ren Theile mit Leder gefüttert war. Vor dem Versenken des tens schlang man eine Leine einmal lose um den Sack, dieselbe aber, wie die Figur zeigt, über zwei Rollen geleitet, so dafs sie von oben scharf anziehn konnte.

Der Kasten wurde über den Pfahl gebracht, durch eingelegte richte bis gegen seinen obern Rand gesenkt, und nunmehr der schenraum zwischen dem Sack und dem Pfahl nahe über dem en möglichst dicht mit Werg gefüllt, was bei beschlagenen Pfähnicht leicht war. Indem hierauf die beiden Enden der Leine rf angezogen und befestigt wurden, so hatte man den wasserten Abschlufs vollständig dargestellt und man konnte den Kaauspumpen, wobei man jedoch sehr vorsichtig immer die nöthi-Gewichte einbringen mufste, um den Sack nicht einem zu star-Zuge auszusetzen, wobei er zerrissen wäre. Sobald der Kasten war, stiegen zwei Arbeiter hinein, zogen den obern Theil des es herab und schnitten in der verlangten Höhe den Zapfen an. Ober-Inspector des Wasserstaates Herr F. W. Conrad spricht nsicht aus *), dafs man dieselbe Vorrichtung auch für gröfsere n benutzen und sie ohne Schwierigkeit so weit ausdehnen könne, sich dadurch alle Zapfen, die auf eine Schwelle treffen, gleichanschneiden lassen.

Was die gewöhnlichen Fangedämme betrifft, so müssen las Wasser von der Baugrube möglichst abhalten, also wasser-, hinreichend hoch und so fest sein, dafs sie nicht nur dem serdruck sondern auch dem Wellenschlage den nöthigen Widerl leisten. In manchen Fällen dienen sie nur zur Sicherung der grube gegen starke Durchströmung, ihre vollständige Wasserigkeit ist alsdann entbehrlich, so wie sie auch keinem starken serdrucke ausgesetzt sind.

Bei einem Fangedamme, der die Baugrube zur Seite umschliefst,

---

*) *Verhandelingen van het koninglijk Institut van Ingenieurs.* 1848. *p.* 33.

ist zunächst die Höhe desselben zu bestimmen, indem v
seine Stärke und Constructionsart abhängt. Wenn die Was
regelmäfsig beobachtet sind, so kann man aus den Tabelle
bis zu welcher Höhe die stärksten Anschwellungen st
welche Wasserstände man während der muthmaafslichen D
Grundbaues erwarten darf. Bis über die höchsten Was
welche jemals vorgekommen sind, wird man niemals d
dämme aufführen, denn man wählt zum Grundbau immer
Jahreszeit, wo die Anschwellungen selten und nicht bedeu
noch auch lange anhaltend sind. Es kann freilich gesch
der Theil des Baues, für den man den Fangedamm geb
einem Sommer nicht beendigt wird und es sonach auch
wäre, wenn die Umschliefsung selbst die höchsten W
Frühjahrsfluthen abhalten könnte, da jedoch die Kosten ei
dammes im Allgemeinen nicht der ersten Potenz der Höh
dem Quadrate derselben proportional sind, und in der P
dieses Verhältnifs noch nicht genügt, so mufs man, um g
Ausgaben zu vermeiden, solche aufserordentliche Fälle
lassen, und sich darauf gefafst machen, sobald sie ei
Arbeit einzustellen und den ausgeführten Theil des
Wasser bedecken zu lassen.

Auf Baustellen neben Gewässern, die einem starken
sel unterworfen sind, pflegt man die Fangedämme nur b
telwasser aufzuführen. Die Arbeitszeit wird alsdann
wenige Stunden beschränkt, denn sobald das Wasser mer
füllt es die Baugrube wieder an. Der gröfste Theil der
ten in England kommt in dieser Art zur Ausführung,
die vielfachen Unterbrechungen dabei auch sehr störer
läfst sich doch nicht verkennen, dafs die regelmäfsige
des niedrigen Wasserstandes die Fundirung sehr erleich

Gewöhnlich giebt man den Fangedämmen eine etw
Höhe, als diejenigen Wasserstände erreichen, vor welche
chert sein will. Die Stärke eines Fangedammes ist al
ner Höhe abhängig, und zwar ist es nicht nur nöthig, ih
serer Höhe auch eine gröfsere Breite zu geben, sonder
Construction mufs alsdann auch solider sein. Bei
von wenigen Fufsen genügt es, den Erddamm ohne all
aufzuschütten, doch lagert sich die Erde fester und läf

er stampfen, wenn man sie wenigstens gegen eine dichte Wand
t, die alsdann immer auf der innern Seite oder auf der Seite
der Baugrube sich befindet. Hierher gehört der bereits erwähnte
dafs man den für das Fundament bestimmten Raum mit einer
dwand umgiebt und dieselbe von aufsen mit einem Thonschlage
eht. Statt der Spundwand kann man sich indessen auch einer
wand (Fig. 220) bedienen, und wenn es nicht darauf ankommt,
Boden selbst zu comprimiren, um die etwa darin befindlichen
eradern zu schliefsen, so läfst sich die Rammarbeit merklich
htern, wenn man nicht die Bohlen so tief einrammt, dafs sie
ch einen sichern Stand erhalten, sondern eine verholmte Pfahl-
anbringt und jene dagegen lehnt. Hierbei wird die Bohlen-
häufig nicht senkrecht gestellt, sondern schräge und zwar mit
Neigung von 30 bis 45 Graden gegen den Horizont auf den
nten Holm gelehnt. In diesem Falle lassen sich die Fugen
and noch durch darübergeworfenen Mist oder belaubte Zweige
dichten, so dafs die Erde nicht hindurchfällt. Man kann als-
lie Spundwand ganz entbehren, und selbst die Ueberdeckung
gen durch eine zweite Lage von Brettern oder die Anbringung
stülpten Wand ist weniger nothwendig, ja es kommt sogar
lafs man nicht einmal Bohlen oder Bretter benutzt, sondern
Vand nur aus Latten oder Stangen darstellt.

i dieser Art erbaute man am Zusammenflufs des Cure mit der
Fangedämme, welche, wie Figur 231 *a* und *b* Taf. XVII
Ansicht von vorn und von der Seite zeigt, einen Wasserstand
Fufs abhielten *), doch war während ihrer Ausführung der
rstand bedeutend niedriger, weil sie sonst nicht darzustellen
en wären. Im Abstande von 7 Fufs von einander wurden
e Böcke aufgestellt und darüber zwei Reihen Balken gelegt,
die Holzwand trugen. Diese bestand nur aus Stangen, und
ren Fugen zu decken, legte man eine starke Lage belaubtes
h oder Stroh darüber und hierauf ruhte der wasserdichte
. Die Stützen in der Mitte jedes Bockes nebst den Bohlen,
f sie standen, konnten aber erst angebracht und eingetrieben
n, nachdem das Wasser aus der Baugrube schon entfernt war.

Annales des ponts et chaussées. 1832. *I. p.* 403. und in dem *Recueil ins, rélatifs à l'art de l'ingénieur.*

Es wird angeführt, dafs ein Fangedamm dieser Art in einer Länge von 64 Fufs in zwei Tagen dargestellt werden konnte.

Auch der wichtige Fangedamm, den Thunberg bei Carlscrona ausführte, wurde durch eine solche schräge Wand gebildet, die jedoch aus einer Spundwand und zwar mit der Fig. 201 angegebenen Spundung bestand. Dieser Fangedamm ist auf eigenthümliche Weise erbaut, indem in der Wassertiefe von einigen zwanzig Fufs das Gerüste des Dammes aufgestellt und verbunden wurde. Die Balken, welche den Längenverband bildeten, nagelte man tief unter Wasser auf Böcke, die vorher herabgelassen waren, und rammte alsdann die schräge Spundwand davor. Letztere wurde nur etwa bis zur halben Höhe mit Erde hinterfüllt, da sie an sich schon den wasserdichten Schlufs darstellen sollte. Nachdem dieser Fangedamm indessen durchbrochen war, führte man verschiedene Verstärkungen dabei ein. Dazu gehörte, das eine Menge Pfähle normal gegen die Spundwand eingerammt wurden, um diese sicher zu halten, und ausserdem baute man dahinter noch einen zweiten Fangedamm, damit jeder einzelne nur dem halben Wasserdrucke ausgesetzt wäre. *) Eine nähere Beschreibung übergehe ich, indem ähnliche Constructionen wohl keine Anwendung finden dürften, dieser Bau gehört aber wegen der künstlichen Anordnungen, die dabei gewählt waren, zu den interessantesten Werken, und es ist zu bedauern, dafs die Mittheilungen darüber so wenig klar sind.

Bei Bétonfundirungen stellt man häufig auch Fangedämme aus Béton dar, die im Zusammenhange mit dem Grundbette sogleich rings um dasselbe aufgeschüttet werden. Doch geschieht dieses nur, wenn der gröfste Theil solcher Dämme das Mauerwerk ersetzen soll, denn ohne diesen doppelten Zweck würden sie zu theuer ausfallen und aufserdem wäre ihre Fortschaffung unter Wasser auch zu schwierig.

Am häufigsten werden die Fangedämme in der Art construirt, das man zwei senkrechte Holzwände darstellt und den Zwischenraum mit Erde ausfüllt. Da die Erdschüttung vorzugsweise den wasserdichten Schlufs bewirken soll, so ist es nöthig, das sie auch die gehörige Breite erhält, aufserdem aber vermehrt sich durch eine gröfsere Breite auch die Masse des Dammes und trägt dadurch zu seiner Stabilität bei. Hierzu kommt noch, dafs die Fangedämme bei

*) *Essai de bâtir sous l'eau par J. Fellers.* Stockholm 1776.

schränkten Ausdehnung der Baugrube zugleich zum Bei- von Materialien und Geräthschaften benutzt werden, wes- nicht zu schmal sein dürfen. Bei niedrigen Fangedämmen Breite gewöhnlich der Höhe gleich, wenn aber die Höhe Fufs übersteigt und sonach die Breite überflüssig grofs sein so pflegt man sie in geringerem Verhältnisse als die Höhe zu lassen. Hiernach hat sich bei uns die Regel gebildet, bei einer Höhe von mehr als 8 Fufs die Breite des Fange- gleich der halben Höhe und 4 Fufs annimmt. In Frank- man gewohnt, bei einer Höhe bis zu 9½ Fufs die Breite n Höhe gleich zu setzen, über diese Grenze hinaus läfst die Breite nur um den dritten Theil der Mehrhöhe wachsen.*) nd betrachtet man die Fangedämme nicht als Theile des e werden daher in die eigentlichen Bauprojecte auch nicht enommen und es bleibt ihre Anordnung und Ausführung epreneuren überlassen.

gewöhnliche Construction der Fangedämme ist folgende: Reihen werden Pfähle in Abständen von 4 bis 5 Fufs ein- die beiden Reihen sind aber so weit von einander ent- s, mit Rücksicht auf die dagegen zu lehnenden Bohlenwände, chüttung die vorstehend angegebene Breite erhält. Diese üssen so fest im Grunde stecken, dafs sie nicht nur dem les Wassers Widerstand leisten, sondern, wenn es nöthig e, den losen aufgeschwemmten Grund innerhalb des Fange- auszubaggern, sie auch dadurch nicht ihren sichern Stand

Die beiden Pfahlreihen werden ferner in gleicher Höhe tten, mit Zapfen versehn und mit Holmen überdeckt. zeigt diese Anordnung im Querschnitte. Um jedoch den am gegen ein Ausdrängen durch die einzubringende Erd- zu sichern und zugleich seine beiden Wände mit einander den, so werden in demselben Abstande, in welchem die ehn, Querzangen angebracht, welche über beide Holme In Frankreich ist eine andere Construction üblich, man mlich, wie Fig. 233 zeigt, an die äufsern Seiten der Pfähle von Kreuzholz, und verbindet diese unter sich durch ver- Zangen. Häufig läfst man aber auch jene Rahmen fort,

—

*) nzin, *programme IV. édition. p.* 305.

indem schon die innere Verkleidung ihre Stelle vertritt, und man verbindet nur die gegenüberstehenden Pfähle in beiden Reihen durch doppelte und mit Schraubenbolzen zusammengezogene Zangen, wie Fig. 235 *a* und *b* in der Ansicht von oben und im Querschnitte zeigt. Eine solche Anordnung sah ich bei einem Fangedamm in Hâvre. In beiden Fällen ist die französische Constructionsart wohl der bei uns üblichen vorzuziehn, denn zunächst sichert sie die Wände vollständiger gegen ein Ausweichen, als dieses bei der Verbindung durch Zapfen möglich ist, und sodann werden die Pfähle auch nicht verschnitten und können nach Beseitigung des Fangedammes zu gleichem Zwecke wieder benutzt werden.

Bevor die Zangen zur Verbindung der beiden Pfahlreihen aufgebracht werden, mufs man schon die dichten Bohlenwände auf der innern Seite der Pfähle einsetzen, gegen welche die Erdschüttung sich lehnt. Das einfachste Verfahren ist, dafs man Bohlen horizontal an den Pfählen herabschiebt, da es jedoch bei gröfserer Wassertiefe nicht mehr möglich sein würde, die untern Bohlen zu halten, bevor die Füllung eingebracht ist, so verbindet man die einzelnen Bohlen schon vorher zu Tafeln, welche die ganze Höhe des Fangedammes haben, und bemüht sich, sie beim Einsetzen bis in den Grund herabzustofsen, damit nicht grofse Fugen über den natürlichen Boden offen bleiben. Zu diesem Zwecke ist es vortheilhaft, unmittelbar an der innern Seite der Pfahlreihen eine etwas vertiefte Rinne auszubaggern, deren Sohle möglichst eben ist. Die Tafeln werden, wie Fig. 232 zeigt, auf der innern Seite durch aufgenagelte Leisten verbunden, man mufs aber dafür sorgen, dafs die Stöfse zwischen je zwei Tafeln jederzeit auf Pfähle treffen und beide Enden sich noch sicher an diese lehnen. Um den Stofs zwischen beiden Tafeln besser zu dichten und um zugleich ein Aufheben oder Umschlagen derselben zu verhindern, rammt man auch wohl über den Stofs noch eine Bohle, wodurch die Tafeln an ihren Enden sicher gehalten werden.

Diese Anordnung läfst sich nur so lange anwenden, als der Wasserdruck nicht bedeutend ist; wenn derselbe gröfser wird, so kann man in vielen Fällen noch von den Stülpwänden vortheilhaft Gebrauch machen. Bei diesen schliefst sich jede einzelne Bohle an die Unebenheiten des Grundes an und läfst sich in einen weichen Boden leicht eintreiben. Die erste Reihe der Bohlen er-

ch die zweite, welche die Fugen verdeckt, noch eine be-
Verstärkung und sonach darf man bei niedrigen Fange-
nicht besorgen, dafs die Bohlen sich ausbauchen. Bei
Höhe des Fangedammes mufs man durch Anbringung
er Riegel dafür sorgen, dafs die Bretterwände nicht zu
chbiegen und zu weite Fugen sich öffnen. Wenn gerade
driges Wasser zur Zeit der Ausführung des Fangedammes
t und die Wassertiefe nicht grofs ist, so genügt es, in der
i Wasserspiegels noch eine Bohle oder ein Stück Halbholz
e Pfähle zu nageln, im entgegengesetzten Falle läfst sich
er Riegel auch mittelst aufgenagelter Latten leicht bis zu
ebigen Tiefe herabschieben und im Wasser erhalten. Indem
i auf eine geringe Differenz in der Höhe nicht ankommt,
ı die Stöfse zwischen diesen Riegeln nicht gerade auf die
effen, sondern es ist besser, ihnen dadurch eine sichere
zu geben, dafs man sie noch über die Pfähle vortreten
nseitig an einander vorbeischiefsen läfst, so dafs sie eine
neigte Lage erhalten. Wenn jedoch die Holme mit der
eite der Pfahlreihe bündig verlegt sind und man gegen
der die Stülpwand lehnen wollte, welche weiter unterhalb
breite des vorgeschobenen Riegels von der Pfahlwand ent-
alten wird, so würde der Fangedamm unten schmaler als
ı. Um dieses zu vermeiden, mufs man vor dem Holme
ig darunter noch einen zweiten Riegel von derselben Stärke,
untern, anbringen und beide als Lehren beim Einrammen
wand benutzen.

l endlich der Fangedamm etwa 12 Fufs hoch oder darüber,
man zu seiner Verkleidung und namentlich auf der innern
o er nicht nur den Druck der eingeschütteten und fest-
en Erde, sondern aufserdem auch den des äufsern Wassers
en hat, eine Spundwand wählen. Bei derselben ver-
an viel sicherer alle weit geöffnete Fugen, die sonst leicht
ı Wasser vorkommen, aufserdem aber besitzt die Spund-
h grofse Steifigkeit, und wenn vielleicht in ihr ein geringes
ı eintreten sollte, so wird dieses nicht mehr in den ein-
hlen stattfinden, sondern sich auf gröfsere Theile der Wand
n und sonach kein nachtheiliges Oeffnen der Fugen zur
ben. Endlich ist noch die Anbringung der Spundwände,

und zwar auf beiden Seiten eines Fangedammes, insofern von Wichtigkeit, als dieselben mehrere Fufs tief im Boden stecken und man zwischen ihnen den Grund ausbaggern und auf solche Art den Fangedamm bis unter das natürliche Bett herabführen kann. Dieses Verfahren trägt bei einem kiesigen Grunde wesentlich zur Verminderung des Wasserzudranges bei, indem die Spundwand den Grund neben sich comprimirt und die Wasseradern sperrt. Bei sehr hohen Fangedämmen kann es indessen auch für die Spundwand noch bedenklich sein, ihr keine Unterstützung unterhalb des Holmes zu geben, und aufserdem wird das Einrammen derselben nicht ganz sicher, wenn die Zwinge weit über dem Boden sich befindet.

Perronet wandte zur Vermeidung dieser Uebelstände beim Bau der Brücke zu Neuilly ein Mittel an, welches eine nähere Beschreibung verdient. Fig. 233 zeigt den Querschnitt des daselbst benutzten Fangedammes und man bemerkt, dafs jede Spundwand von zwei doppelten Zwingen umfafst wird, von denen die untere mehr als 3 Fufs tief unter dem niedrigsten Wasserstande (der in der Figur angedeutet ist) sich befindet. Der Fangedamm besteht aus zwei Pfahlreihen, die von Mitte zu Mitte 10 Fufs von einander entfernt sind, und der Abstand der einzelnen Pfähle in jeder Reihe beträgt 4 Fufs. Die Pfähle hatte man unten bebrannt. In der Höhe von 5 Fufs 6 Zoll über dem niedrigsten Wasserstande sind auswärts an jede Pfahlreihe Rahmen genagelt, die 6 Zoll hoch und eben so stark sind. In den Stöfsen, die immer gegen die Pfähle treffen, greifen diese Rahmen mit 14 Zoll langen Blättern über einander. Auf diesen liegen die Zangen, die 8 Zoll hoch und 15 Fufs lang sind. An den Stellen, wo letztere die Rahmen kreuzen, sind sie 3 Zoll tief eingeschnitten, die Rahmen selbst haben aber auch hier ihre volle Stärke. Die Spundwände, welche gegen die Pfahlreihen gestellt werden sollten, bestanden aus einzelnen Theilen, von denen jeder 12 Fufs lang war und in folgender Art zusammengesetzt wurde. Indem man die beiden Paare der Zwingen und die beiden äufsern Spundpfähle durch Schraubenbolzen verband, so bildete sich ein verschiebbares Parallelogramm. Diese Spundpfähle, sowie alle übrigen, waren 4 Zoll stark und 21 Fufs lang, die Zwingen bestanden aus 4zölligen Bohlen von 9 Zoll Breite, hatten aber nicht die volle Länge von 12 Fufs, um sich nicht

; zu berühren. Beim Zusammensetzen der Zwingen wurden
lichen zugehörigen Spundbohlen eingepafst. Man machte
it dem Einrammen der beiden äufsern Spundpfähle den
welche durch die angebolzten Zwingen mit einander ver-
aren, und daher sowohl oben als unten den bestimmten
ehielten. Man sorgte auch dafür, dafs die Enden der
ich gegen die Pfähle lehnten. Sobald auf diese Art eine
stgestellt war, so wurden die eingepafsten Spundpfähle
hoben und eingerammt, man nahm jedoch darauf Rück-
s die mittleren am spätesten bis zur vollen Tiefe herab-
wurden, damit die äufsern weniger stark angegriffen und
durch die Bolzen gespaltet werden möchten. Endlich
der Raum zwischen je zwei solchen Rahmen auszufüllen
geschah, indem man passende Spundpfähle auch hier
. Die letzten wurden gleichfalls durch die Zwingen ge-
jede derselben trat noch einige Zoll weit vor und diente
r sichern Führung des zuletzt eingebrachten Spundpfahles.
eigt diese Anordnung. Zwischen den Spundwänden wurde
ge und leichte Boden so tief ausgebaggert, bis man auf
Erde kam, durch welche keine Filtration zu besorgen war.
der Fangedamm eine grofse Höhe hat und sonach auch
werden müfste, so gewährt die beschriebene Anordnung
die nöthige Sicherheit, indem bei dem vermehrten Drucke
rs ein Durchquellen leichter eintreten kann. Man mufs
Einrichtung wählen, wodurch die beim Füllen des Dammes
gebildeten undichten Stellen noch unterbrochen werden.
rste Schlufs erfolgt vor einer dichten Wand, wenn die
tete und angerammte Erde sich in der Richtung des
ckes dagegen lehnt. Bei der beschriebenen Constructions-
eht dieses nur einmal, und dieses ist bei höheren Fange-
m so weniger genügend, als man in der gröfseren Tiefe
auf die compacte Ablagerung der Erde hinwirken kann.
m Grunde trennt man den Damm der Breite nach
uch wohl in drei Theile. Es tritt hierbei noch der Vor-
dafs für den obern Theil die halbe Stärke schon genügt
ine Kasten nur etwa halb so hoch zu sein braucht. Will
aber diese geringere Höhe geben, so mufs man den
egel schon gesenkt haben, und hieraus folgt wieder, dafs

dieser niedrigere Theil auf der innern Seite des Dammes oder an der Baugrube sich befinden mufs. Man kann ihn alsdann auf dieselbe Art, wie ein Banket, in der abgestochenen Erdwand zum Aufstellen mancher Utensilien und Materialien und zur Erleichterung der Communication benutzen. Fig. 236 zeigt eine solche Anordnung. Man macht damit den Anfang, dafs man einen gewöhnlichen Fangedamm, jedoch nur von der halben Breite, die er seiner Höhe nach erhalten sollte, ausführt. Alsdann werden die Schöpfmaschinen in Thätigkeit gesetzt, und sobald der Wasserspiegel bis zur Höhe des nächstfolgenden Theiles des Dammes gesunken ist, so wird dieser genau in derselben Art, wie der erste, ausgeführt. Es tritt in der Construction nur die Aenderung ein, dafs man, um die innere Pfahlreihe des ersten Theiles wieder zu benutzen, die Zangen über dem zweiten Theile mit schwalbenschwanzförmigen Zapfen in jene Pfähle eingreifen läfst und mit Bolzen daran befestigt. Eine Strebe, die man zwischen jede solche Zange und den zugehörigen Pfahl mit Versatzung eintreibt, giebt noch eine kräftige Stütze gegen den Wasserdruck.

Bei solchen getheilten Fangedämmen beträgt die Höhe jeder Stufe 8 bis 12 Fufs. Indem man die Breite des Dammes in seiner Grundfläche nur so grofs macht, als oben angegeben ist, so tritt hierbei eine merkliche Verminderung des Quantums an Erde ein, welche man zur Füllung braucht. In manchen Fällen mag dieser Vortheil beachtenswerth sein, doch wird er die Mehrkosten für die dritte Wand nicht decken und sonach darf man nicht hoffen, auf diese Art den ganzen Fangedamm wohlfeiler darzustellen.

Die Fangedämme, die man in England ausführt, erhalten in dem Falle, wo sie sich bis über die höchsten Fluthen erheben, eine sehr grofse Höhe und ihre Construction wird dadurch zwar schwierig, aber nichts desto weniger tritt auch wieder die Erleichterung ein, dafs man zur Zeit der Ebben auch an ihrem untern Theile manche Verstärkung anbringen kann, welche sonst unausführbar wäre. Ein andrer Vortheil, der aus dem abwechselnden Wasserstande entspringt, bezieht sich darauf, dafs man die Füllungserde nicht in grofser Höhe aufschütten darf, bevor man sie anstampfen kann, sondern das Abrammen schon beginnt, sobald die Schüttung die Höhe des niedrigen Wasserstandes erreicht. Schon früher wurde bemerkt, dafs man bei diesen Fangedämmen nicht Spundwände, sondern

lichte Pfahlwände ohne Spundung anwendet, gewöhnlich fehlt aber auch die davorstehende verholmte Pfahlreihe, wenn dieselbe nicht etwa zum regelmäfsigen Einrammen der dichten Wand beibehalten wird. Auch die hölzernen Zangen kommen bei diesen gröfseren Fangedämmen nicht vor, ihre Stelle vertreten aber eine Menge eiserner Bolzen, die nicht nur oben, sondern in mehrfachen Reihen so weit abwärts sich erstrecken, als man zur Zeit der niedrigsten Ebben sie einziehn kann.

Um ein Beispiel von der Anordnung eines solchen Fangedammes zu geben, wähle ich dasjenige, welches Hughes in der Abhandlung über die Fundirung der Brücken *) anführt. Dasselbe eignet sich auch insofern zur Mittheilung, als die Details dabei genau angegeben sind und der Verfasser als Entrepreneur mancher grofsen Bauten Gelegenheit hatte, sich mit den Erfordernissen eines Fangedammes genau bekannt zu machen. Fig. 237 zeigt im Querschnitte den Fangedamm, der von beiden Seiten die Baugrube umgiebt, in welcher ein Brückenpfeiler auf dem natürlichen festen Grunde erbaut werden soll. Es wird angenommen, dafs dieser Grund, welcher das Wasser nicht stark durchsickern läfst, auf 12 Fufs Höhe mit grobem Kiese bedeckt ist, der sowohl aus der Baugrube, als auch aus den Fangedämmen entfernt werden mufs, um das Eindringen starker Quellen zu verhindern. Die Wassertiefe über dem Kieslager mifst bei Hochwasser 28, bei Niedrigwasser aber 10 Fufs, so dafs der feste Grund, in welchen die Pfähle eindringen müssen, 40 Fufs unter Hochwasser liegt. Hiernach bestimmt sich die Länge der Pfähle für die dichten Pfahlwände, welche den höchsten Theil des Fangedammes einschliefsen sollen, auf 48 Fufs, indem sie noch 3 Fufs über die Fluthhöhe herausragen und 5 Fufs im festen Grunde stehn sollen. Der Fangedamm wird in drei Abtheilungen zerlegt, zu deren Darstellung vier dichte Pfahlreihen erforderlich sind. Die beiden mittleren sind die höchsten, die äufsere erhebt sich bis 1 Fufs über Niedrigwasser und die innere bis 11 Fufs über denselben Wasserstand. Die lichte Entfernung aller Wände unter sich beträgt 6 Fufs und die Stärke der beiden mittleren ist 12 Zoll, die der innern 8 Zoll und der äufsern 6 Zoll. Alles Holz soll gerade gewachsen sein und aus der besten Sorte Memeler Balken, also

*) *Theory, practice and architecture of bridges. Sect. V. p. 46.*

Kiefern, bestehn. Die beiden innern Wände werden oben zu beiden Seiten mit Zangen versehn von 6 Zoll Stärke und 12 Zoll Höhe und durch eiserne Bolzen von 1¼ Zoll Stärke mit einander verbunden. Die Bolzen haben Köpfe von 3 Zoll im Gevierten und 1 Zoll Dicke und auf der andern Seite mufs jedesmal ein scharfes Schraubengewinde eingeschnitten sein, worauf eine Mutter pafst, welche dieselben Dimensionen, wie der Kopf hat. Unter jeder Mutter liegt eine Scheibe. Solche Verbindungsbolzen müssen alle 4 Fufs angebracht sein, sie liegen aber in drei Reihen unter einander und umfassen in der zweiten Reihe drei Wände und in der untersten alle vier Wände. Das Ausbaggern der obern Kiesschicht soll noch vor dem Beginne der Rammarbeit vorgenommen werden, indem diese dadurch wesentlich erleichtert wird.

Die Figur zeigt noch die Absteifungen der beiden Fangedämme gegen einander und gegen den bereits fertigen Theil des Brückenpfeilers. Bei der von Telford ausgeführten Eingangsschleuse in St. Katharine's Dock in London wurde ein Fangedamm benutzt, der dem beschriebenen sehr ähnlich war und gleichfalls aus drei Abtheilungen bestand. Die Absteifungen kamen auch hier vor, obgleich die Schleuse auf einem Pfahlrost erbaut ist.*)

Eine solche Absteifung ist indessen nicht leicht anzubringen, wenn Pfähle eingerammt werden sollen, weil das Versetzen der Ramme dadurch sehr erschwert wird. Am leichtesten ist es, in diesem Falle den Fangedamm so weit herauszurücken, dafs die Steifen noch dahinter Platz finden. In solcher Art wurde beim Bau des neuen Parlamentshauses in London der eigentliche Fangedamm so weit vor das Fundament in das Flufsbette herausgeschoben, dafs zwischen beiden ein Raum von 25 Fufs Breite frei blieb. Dieser Fangedamm bestand nur aus einer einzigen Abtheilung, die jedoch auf ähnliche Art, wie eben erwähnt, ausgeführt wurde. Die Breite der Thonschüttung betrug nur 5 Fufs, aber ihre Höhe über dem natürlichen Bette 21 Fufs, und sie erstreckte sich noch 9 Fufs darunter, indem vor dem Beginne der Rammarbeit so tief gebaggert war. Der Fangedamm hatte indessen hier noch auf andere Art eine wesentliche Verstärkung erhalten, denn zunächst umgab ihn auf der innern, sowie auch auf der äufsern Seite eine Pfahlreihe.

*) *The Civil Engineer and Architect's Journal. II. p.* 430 ff.

die Pfähle 6 Fufs von Mittel zu Mittel entfernt waren und wurde gleichfalls durch drei Reihen Bolzen gehalten. Auf innern Seite lehnte sich an diese Pfähle eine Verstrebung, welche einer fünften Pfahlreihe, die 20 Fufs hinter dem Fangedamme , getragen wurde.*)

Beim Bau der neuen London-Brücke bestand der 35 Fufs hohe gedamm aus zwei Abtheilungen von gleicher Höhe, welche der durch drei dichte Pfahlwände umschlossen wurden. Die äufsere heilung hatte eine lichte Breite von 6 Fufs und die innere von Fufs, die Wände waren unter sich mehrfach nicht nur durch ei- Bolzen, sondern auch durch Spannriegel verbunden. Eine feste Verstrebung aus vielen Verbandstücken zusammen- tzt, worunter sich auch zwei Reihen horizontaler doppelter ken befanden, erstreckte sich etwa 120 Fufs rückwärts.**) Die- ben wurden nach und nach entfernt, sobald sie der Aufführung Pfeilers hinderlich wurden, sie konnten alsdann durch kürzere reben, welche sich gegen das fertige Mauerwerk lehnten, ersetzt rden. Ein wichtiges Beispiel einer ähnlichen Verstrebung ist ch in Venedig vorgekommen, als man daselbst im Jahre 1808, den Hafen für Kriegsschiffe brauchbar zu machen, durch das Bassin *Novissima grande* einen Fangedamm schlug***) und diesen gegen die 120 Fufs entfernten Mauern und Gebäude lehnte. Die Streben bestanden aus den gröfsten Stämmen der Edeltanne, die dort unter dem Namen Albec zu Masten benutzt werden, sie haben mit- unter eine Länge von 127 Fufs, und sind am Stammende 3 bis 4½ Fufs stark.

Beim Bau des Docks zu Great-Grimsby wurde der über 1600 Fufs lange Fangedamm in einem flachen Bogen vor die Bau- stelle gelegt, wodurch er an sich schon eine bedeutende Verstärkung erhielt. Indem er sich jedoch 22 Fufs über den Grund erhob und einem Wasserdrucke von derselben Höhe widerstehn sollte, so waren bei seiner Anlage noch besondere Vorsichts-Maafsregeln nothwendig. Seine Breite beträgt zwischen den äufsern Balken- wänden oben 14 Fufs, unten war sie aber noch etwas gröfser,

---

*) *The Civil Engineer and Architect's Journal. I.* p. 31.

**) *Practical treatise on bridge-building by Cresy.*

***) *Nouvelle Collection de dessins etc.*

indem die seeseitige Wand schräge stand. In der Mitte zwischen den aus starken Balken bestehenden Wänden befand sich noch eine dritte, die man jedoch zu beiden Seiten nicht durch hölzerne Zangen, sondern durch starke Schienen verbunden hatte, damit die Füllungserde frei herabsinken konnte. Eine wesentliche Verstärkung erhielt der Damm aber noch durch Querwände von gleicher Construction, die in Abständen von 25 Fufs 17 Fufs weit wie Strebepfeiler in die Baugrube traten, und durch kräftige Verstrebungen auch die zwischen liegenden Theile des Dammes stützten. Um sich zu überzeugen ob der Damm unbeweglich stand, waren zwischen diesen Querwänden auf isolirt stehenden Pfählen Maafsstäbe angebracht, woran ein sehr geringes Ueberweichen schon bemerkt werden konnte. *)

Wenn der Baugrund bis zu einer grofsen Tiefe aus weichem Schlamm besteht, in welchem die Pfähle keinen sichern Stand annehmen, so wird die Anlage von Fangedämmen sehr schwierig, indem diese durch den Wasserdruck in die Baustelle hineingedrängt werden. Ein solcher Fall ereignete sich in Holland, als man die Eingangsschleusen zu den Hafenbassins vor Amsterdam erbaute **), und das Mittel, welches man dagegen anwandte, bezog sich nur darauf, den Grund durch starke Belastung zu comprimiren.

Zuweilen kann man die Fangedämme nicht mit dem Grunde, auf welchem sie stehn, in gehörige Verbindung setzen, weil das Einrammen von Pfählen entweder wegen der grofsen Tiefe oder wegen des unreinen und felsigen Bodens nicht möglich wird. Ein interessantes Beispiel dieser Art war der Fangedamm, welcher bei der Aussprengung des Vorhafens für den Kriegshafen zu Cherbourg die Mündung desselben gegen die See schlofs. Diese Mündung traf auf eine Stelle, wo das natürliche Ufer zurücktrat und die erforderliche Wassertiefe schon vorhanden war. Die beiden Hafendämme, welche auf der Nord- und Südseite sie begrenzen, bestehn grofsentheils nur aus den Steinen, welche bei den Sprengungsarbeiten gewonnen waren. Der Fangedamm, der schon zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes einem Drucke von 30 Fufs Widerstand leisten

*) Förster's allgemeine Bauzeitung. 1850. S. 2.

**) Henz, der Hafen von Amsterdam; in den Verhandlungen des Gewerbevereins 1832. S. 172.

estand in einem grofsen gezimmerten Kasten, dessen Länge Breite der Mündung übereinstimmte und 142 Fufs betrug. war am Boden 84 Fufs, oben 44 Fufs breit, und seine aas 45 Fufs. Er bestand nur aus einer vordern und einer Wand, Boden und Seitenwände fehlten ihm, damit die einete Erde alle Unebenheiten, die sie berührte, ausfüllen und t dem Grunde und mit den Dossirungen der Hafendämme n konnte. Man hielt indessen diese Kasten allein nicht eichend, um dem Drucke des Wassers und dem Wellengehörigen Widerstand zu leisten, daher schüttete man an re Seite noch eine Erddossirung von etwa 45 Fufs Breite, ufs sich an eine verstrebte dichte Holzwand lehnte. *)
nliche grofse und fest verbundene Holzkasten, die wieder zwei Seitenwänden bestanden, wurden zur Bildung der mme für den Bau der Victoria-Brücke in Canada benutzt, an sie in den St. Lorenz Strom versenkte.
andern Fällen, wo Fangedämme auf Felsboden erbaut sind, i sie dadurch gegen das Verschieben gesichert, dafs Bohrn den Grund getrieben und eiserne Stangen darin gestellt

Dieses Verfahren ist z. B. beim Bau der Schleuse zu , welche auf der westlichen Seite den Eingang in den Calen Canal bildet, angewendet worden. Dasselbe ist bei geschehn, als man die Futtermauer auf eine grofse Länge Bett der Saale stellte, um den Damm der Thüringer Eisengegen zu lehnen.

den Schleusen- und Wehrbauten an der Saar in der Nähe rbrücken war der Felsboden, der unter dem Wasserspiegel chen und zu diesem Zweck mit Fangedämmen umgeben mufste, ein so weicher bunter Sandstein, dafs man zugeeiserne Stangen von 18 bis 21 Linien Durchmesser 1 bis tief eintreiben konnte. Man versah dieselben, wenn das härter war, mit Stahlspitzen. Diese Stangen, welche die er hölzernen Pfähle vertraten, wurden im gegenseitigen Abon $2\frac{1}{2}$ Fufs eingetrieben, die beiden Reihen derselben waren Fufs entfernt. An die innern Seiten dieser Reihen lehnten

i der dritten Ausgabe von Sganzin's *programme* ist ein Querschnitt ngedammes mitgetheilt.

sich Bretterwände. Eine solche wurde zunächst gebildet durch zwei vertikale Bretter die oben durch Schraubenbolzen mit doppelten Leisten verbunden waren. Zwischen diese Leisten stellte man alsdann die einzelnen vertikalen Bretter, und trieb sie fest gegen den Boden, eben so auch diejenigen, welche den Raum zwischen je zwei solchen Rahmen schlossen, und welche durch die von beiden Seiten vortretenden Enden der Leisten noch gehalten wurden. Bevor man aber den Fangedamm mit Erde füllte, verband man die sämmtlichen Eisenstangen mittelst ausgeglühter starker Drähte über den Bretterwänden mit den gegenüberstehenden. Diese Fangedämme waren einem Wasserdrucke von etwa 4 Fufs ausgesetzt.*) Es mag noch hinzugefügt werden, dafs man nach Erbauung des obersten Nadelwehres innerhalb des preufsischen Gebietes mehrfach Gelegenheit hatte, die Anlage der Fangedämme ganz zu umgehen. Indem man nämlich bei dem damals sehr niedrigen Wasserstande und der trocknen Witterung dieses Wehr vollständig schlofs, so senkte sich das Unterwasser so sehr, dafs man die hinderlichen Felsen ohne Weiteres beseitigen konnte.

Wenn ein Fangedamm sich an höheres Ufer anschliefst, so mufs er in dasselbe eingreifen, damit zwischen beiden das Wasser nicht hindurchdringt. Der Anschlufs eines Fangedammes aber an Felsen oder Mauern, so wie überhaupt an fremdartige Körper, welche sich mit der Erde nicht innig verbinden, giebt leicht Veranlassung zum Durchquellen des Wassers. Um diese Besorgnifs zu entfernen, mufs man in solchem Falle die Breite des Dammes vergröfsern, damit die Berührung, wenn sie auch nicht so innig ist, doch auf eine gröfsere Fläche sich ausdehnt. Ferner ist es vortheilhaft, die Fläche möglichst uneben zu machen, auch wendet man in solchem Falle zuweilen anderes Material, als Erde an, namentlich Mist, der am Steine fester haftet. Auch stöfst man zuweilen Latten, die mit Stroh umwunden sind, in die Ecken des Fangedammes neben Mauern oder an steilen Felsen ein. Beim Bau der Brücke zu Moulins über den Allier führte Régemortes über dem Bohlenboden, den er versenkt hatte, noch einen Fangedamm auf, um das Wasserschöpfen nicht über die ganze Baugrube ausdehnen zu dürfen. Dieser Fangedamm bestand aus hölzernen Kasten, deren Boden mit eingehauenen

*) In Erbkams Zeitschrift für Bauwesen. 1866. L. Hagen: die Canalisirung der obern Saar. S. 49.

Furchen versehn waren und die man auf eine eingeschüttete Thonlage stellte.

In ähnlicher Art, wie in dem Anschlusse gegen fremdartige Körper, pflegt die Füllerde auch in den scharfen Ecken eines Fangedammes eine lockere Lage zu behalten, da wegen der vielfachen Berührung mit den Wänden ein gehöriges Setzen hier nicht erfolgen kann. Man mufs daher plötzliche Unterbrechungen in der Richtung der Fangedämme möglichst vermeiden, und die etwa vorkommenden spitzen Winkel in mehrere stumpfe zerlegen, oder noch besser, wie in England gewöhnlich geschieht, den Uebergang aus einer Richtung in die andere durch eine Curve mit möglichst grofsem Radius vermitteln.

Es bleibt noch zu untersuchen, wie man einen Fangedamm wasserdicht macht. Eine einfache Holzwand, mag sie aus Spundpfählen, oder aus scharf neben einander eingerammten Balken bestehn, läfst gewöhnlich so zahlreiche und weite Fugen offen, dafs die durch sie umschlossene Baugrube nicht trocken gelegt werden kann. Wenn dieses in sehr seltenen Fällen geglückt ist, so geschah es nur bei reinem Grunde und bei überaus vorsichtiger Arbeit. Zuweilen hat man versucht solche Wände dadurch zu dichten, dafs man auf ihrer äufsern Seite wasserdichte Leinwand herabrollte, die bei eintretendem Drucke sich fest anlegte. Beaudemoulin stellte hierüber Versuche an, und fand dafs man auf diese Art ganz sicher einen Wasserdruck von 4½ Fufs abhalten und zugleich das Durchsickern verhindern konnte. Er empfiehlt daher, hiervon Gebrauch zu machen, sobald man bemerkt, dafs die auf gewöhnliche Art construirten Fangedämme sehr undicht werden und stellenweise das Wasser stark durchlassen.

Die gewöhnliche, bereits beschriebene Construction der Fangedämme bietet Gelegenheit, den dichten Schlufs durch Erde darzustellen, die man zwischen die verschiedenen Holzwände schüttet. Man mufs dazu aber eine feine, recht gleichmäfsige Erdart wählen, welche gut bindet, ohne sich beim Einschütten in einen weichen Brei zu verwandeln und ohne Höhlungen zu lassen. Hauptbedingung ist es aber, dafs keine Holzstücke oder andre fremdartige Körper mit eingeworfen werden, oder vielleicht schon beim Bau des Fangedammes hineingebracht sind, denn neben diesen findet das Wasser immer einen leichten Durchgang. Bei den englischen Fange-

dämmen könnten die durchgezogenen Bolzen in dieser Beziehung auch als nachtheilig angesehn werden, doch haftet daran die Erde stärker, als an Holz, und ein Bolzen bietet wegen seiner geringen Dicke auch keine grofse Berührungsfläche. Alle diese Bolzen sind aber über dem niedrigen Wasser befindlich, und wo sie vorkommen, kann die Erdschüttung schon nachgerammt werden.

Gewöhnlich wird zäher Thon für das beste Material zur Füllung der Fangedämme gehalten, und wenn auch nicht bezweifelt werden kann, dafs diese Bodenart, wenn sie in dünnen Schichten von unten auf eingebracht und angestampft werden könnte, die Wasserdichtigkeit am sichersten darstellen würde, so treten ihrer Anwendung unter Wasser doch grofse Schwierigkeiten entgegen. Man darf den Thon nicht in sehr nassem Zustande benutzen, weil er sonst beim Einschütten vollends erweicht, und alsdann eine dicke Flüssigkeit bildet, die selbst durch die Fugen hindurchdringt. Man wirft ihn daher klumpenweise, wie er gestochen wird, in den Fangedamm. Hierdurch verhindert man seine dichte Ablagerung, für die man auch nicht früher sorgen kann, als bis man mit der Schüttung über Wasser gekommen ist. Man bemüht sich, dieses möglichst schnell zu erreichen, um das starke Aufweichen zu verhindern, liegt der Thon aber schon mehrere Fufs hoch, so wirkt die Handramme, oder die Stampfe, die man benutzt, nicht mehr bis zur ganzen Tiefe, und so können leicht bedeutende Höhlungen sich unten gebildet haben, die nicht zu beseitigen sind, und deren Vorhandensein man auch nicht früher bemerkt, als bis man beim Wasserschöpfen starke Quellen durch den Fangedamm hindurchdringen sieht. Es zeigt sich hierbei aber auch noch der zweite Uebelstand, dafs die Wasseradern, die sich zufällig in solchem Boden bilden, die feinen Thontheilchen, die sie berühren, aufnehmen und mit Leichtigkeit durch die engsten Fugen hindurchführen. Auf diese Art erweitern sich also die Adern immer mehr und die Zähigkeit des Thones ist Veranlassung, dafs die obere Decke eines solchen Canales nicht einstürzt. Man darf sonach, wenn die Ausfüllung in tiefem Wasser geschehn mufs, von der Anwendung eines recht steifen Thones keinen günstigen Erfolg erwarten, vielmehr bilden sich in demselben sogar noch stärkere Wasseradern, als in einer Sandschüttung. Schon Perronet erwähnt bei Gelegenheit des Baues der Brücke zu Neuilly, dafs der fette Thon zum Füllen der Fangedämme sich nicht eigne, weil er zu viele Höhlun-

gen bildet, die man selbst in dem Falle nicht beseitigen kann, wenn man ihn auch unter Wasser zu stampfen versucht, wogegen gewöhnliche Ackererde sehr brauchbar sei.

Beim Sande, den man oft als ganz untauglich zum Füllen der Fangedämme ansieht, können die erwähnten Uebelstände nicht eintreten, und wenn dabei einiges Durchsickern auch nie zu vermeiden ist, so ist man doch vor sehr starken Quellen gesichert. Wenn aber die innere Holzwand, wogegen der Sand sich lehnt, so dicht ist, dafs einzelne Sandkörnchen nicht hindurchdringen können, so lagern sie sich bei dem eintretenden Wasserdrucke und vermöge der geringen sich dabei bildenden Strömung noch um so fester gegen die Wand, und vermehren hierdurch den guten Schlufs. Es soll später bei Gelegenheit der Schiffahrtscanäle erwähnt werden, wie vortheilhaft man sowohl in Frankreich als auch in England feinen Sand benutzt hat, um das Durchsickern des Wassers zu verhindern. Es fehlt auch nicht an Beispielen, welche zeigen, dafs Fangedämme aus Sand das Wasser abzuhalten im Stande sind. So wurde beim Bau des Humber-Dock's in Hull, ein Fangedamm, der jedoch nur zur Zeit des Hochwassers in Wirksamkeit trat, zwischen den beiden dichten Pfahlwänden mit Ziegelmauerwerk gefüllt, wobei die Steine aber nicht in Mörtel, sondern nur in Sand versetzt waren. *)

In neuerer Zeit hat man mehrfach versucht, durch besondere Beimischungen die natürliche Erde, wie sie gerade in der Nähe zu haben ist, für die Füllung der Fangedämme geeigneter zu machen. So setzte man schon bei den Bauten am Canale St. Martin zu diesem Zwecke der sandigen Erde $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{10}$ ihres Volumens an Kalk zu und beim Bau der Brücke du Sault über die Rhone wurde der sehr strenge Boden mit $\frac{1}{16}$ Kalkbrei vermengt und stark durchgearbeitet, bevor man damit den Fangedamm füllte. Hughes äufsert sich auch dahin, dafs der strenge Thon ohne Beimischung bei tiefem Wasser nicht angewendet werden darf, indem er sich nicht dicht ablagert, man ihm vielmehr noch andere Stoffe zusetzen mufs. Als eine sehr brauchbare Mischung zum Füllen der Fangedämme empfiehlt er drei Theile reinen Thon (*clay*), zwei Theile Kreide (*chalk*) und einen Theil Kies (*gravel*). Die beiden letzten Bestandtheile sollen bis zur Gröfse eines Hühner-Eies zerschlagen und durch sorg-

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. I. p.* 15.

fältiges Umrühren vor dem Versenken mit dem Thon vermengt werden. Dabei wird noch bemerkt, dafs es in England üblich sei, den Fangedamm in der Krone einen Fufs hoch in Ziegeln zu übermauern. Hughes meint jedoch, dafs man eine eben so feste und noch dichtere und zugleich wohlfeilere Decke darstellen kann, wenn man eine Bétonlage von recht grobem Kiese aufbringt.

Endlich sind noch die Mittel zu bezeichnen, die man in Anwendung bringen kann, sobald man bemerkt, dafs der Fangedamm seinen Zweck nicht erfüllt und grofse Wassermassen durchläfst. Indem er auf der innern Seite bequem zugänglich ist, so versucht man häufig hier die Fugen zu stopfen, durch welche man das Wasser austreten sieht, doch gelingt dieses fast niemals, denn wenn die Adern schon durch den ganzen Damm bis gegen die innere Seitenfläche gedrungen sind, so bilden sie sich, sobald ein Ausweg hier verstopft wird, sogleich einen andern in der Nähe. Wenn der Leck gedichtet werden soll, so kann dieses nur auf der äufsern Seite oder im Innern des Dammes geschehn. Von aufsen verhindert indessen der Wasserstand einen solchen Versuch, und es bleibt nur übrig, Gegenstände zu versenken, die vielleicht durch die hindurchdringende Wasserader gefafst und vor die Oeffnung geführt werden. Zu diesem Zwecke eignet sich besonders wasserdichte Leinwand, wie bereits erwähnt wurde, auch gelingt es zuweilen, davorgeschütteten Mist mit Stroh vermengt, in die Oeffnung hereinzuziehn und selbige dadurch zu sperren. Das Verfahren, das aber in ähnlichen Fällen bei Canälen mit überraschendem Erfolge angewendet ist, läfst auch für die Dichtung der Fangedämme in manchen Fällen dieselbe Wirkung erwarten. Man schüttet nämlich feinen Sand in das Wasser vor die Stelle, wo man die Wasseradern vermuthet, die einzelnen Sandkörnchen sinken langsam zu Boden und folgen daher jeder Seitenbewegung des Wassers. Auf solche Art werden sie zum Theil auch in den Fangedamm hineingezogen und finden hier leicht ein Hindernifs, welches sie zurückhält. So kann es geschehn, dafs ein Körnchen sich an das andere lagert, bis zuletzt die Ader gesperrt ist. Die geringe Mühe, womit ein solcher Versuch sich anstellen läfst, dürfte ihn rechtfertigen, wenn das Gelingen desselben auch weniger wahrscheinlich ist, als bei einem Canale, wo die Wasserader durch einen längeren Weg sich hindurchziehn mufs und daher solche zufällige Hindernisse für die einzelnen Sandkörnchen eher

en. Gewöhnlich bemüht man sich, eine undichte Stelle im damme dadurch zu verbessern, dafs man die entstandene Höhm Innern zu beseitigen sucht. Man rammt die schadhafte Stelle a, und wenn dieses nichts hilft, so gräbt man die Erdschütso tief auf, als der Wasserstand es erlaubt und wendet alsdann r die Ramme an, oder man baggert auch die Erde aus und lie Stelle ganz neu. Hierbei mufs man natürlich die Baugrube Vasser laufen lassen, denn wenn die Strömung während dieser t immer hindurchginge, so würde die Sperrung der Ader um niger zu erwarten sein.

ıdem auf kiesigem oder sandigem Untergrunde das Wasser nicht ɔn der Seite, sondern auch durch den Boden in die Baugrube , so hat man zuweilen die ganze Sohle der letzteren zu über- ı versucht. Man nannte dieses einen Grund-Fangedamm. ılcher ist am sichersten durch eine Bétonschüttung darzustelɔch wird hiervon erst später die Rede sein.

eim Bau der Brücke zu Moulins über den Allier führte Rétes eine Ueberdeckung mit Thon aus, die ihren Zweck auch ınd erfüllte. Das Flufsbette bestand aus feinem Sande und ɔhrungen zeigten, dafs dieser wenigstens auf 47 Fufs Tiefe eichte. Die Brücke, welche Hardouin Mansard daselbst im 1705 erbaut hatte, war wenige Jahre später bei einer Fluth türzt und die Veranlassung dazu lag in den tiefen Auskolkunlie sich neben den Brückenpfeilern bildeten, deren Wirkung ber nicht durch eine tiefere Fundirung vorgebeugt hatte, weil fahl weiter als höchstens bis anf 15 Fufs eingerammt werden . Régemortes stellte sich daher die Aufgabe, das ganze Flufsınter der Brücke zu befestigen, und dadurch jede Auskolkung hindern. Um dieses zu bewirken, war eine wasserfreie Baunothwendig. Ob solche sich darstellen liefs, sollte ein Versuch dem Ufer des Flusses entscheiden. Es wurde eine Grube 2 Fufs Länge und Breite ausgehoben, mit Pfahlreihen und wänden eingefafst und alsdann bis 6 Fufs unter den Sommerstand ausgebaggert, darauf stellte man zwei Kettenpumpen ɔch konnte man mittelst derselben das Wasser nur um 15 Zoll . Nunmehr wurde ein Fangedamm aus Erde rings herum anht, so dafs die Grube nur noch 30 Fufs in der Seite maafs, en Schöpfmaschinen senkten darauf das Wasser Anfangs 4 Fufs,

das Niveau des Flusses.

Dieser Versuch entschied für das Project, de
zu bedecken, aber zugleich durch eine andere Be
hindern, dafs der Thon nicht aufgespühlt werd
wurden fünf Reihen Spundpfähle eingerammt,
selben oberhalb der Brücke und drei unterhalb.
von einem Ufer bis zum andern, und die zweite
wand trafen auf die Ecken der Pfeilerköpfe. Al
schen den Spundwänden sollten überdeckt werd
sie zuerst bis zu der erforderlichen Tiefe aus un
Art noch nicht ein so ebner Grund darstellte, a
der Thondecke nöthig war, so wurde noch eine
chung desselben durch Abstreifen vorgenomme
Schiene wurde nämlich an ein Fahrzeug befestigt
richtet werden, dafs ihr unterer Rand horizontal
bige Tiefe zu stellen war. Sobald man das Fahr
vorwärts bewegte, so strich die Schiene längs d
nete ihn.

Hierauf erfolgte die Versenkung des Thones
13 Fufs Breite und 60 Fufs Länge schwebte zu
zeugen. In denselben war eine grofse Anzahl
eingesetzt, die oben in scharfe Kanten ausliefen

denselben gleichmäfsig über den Rahmen zu verbreiten, waren 5 Hebel an jeder Seite auch über ihren Drehepunkten durch [illegible] *E* unter sich verbunden. Letztere legten sich, sobald die [illegible]ppen geschlossen wurden, auf den Rahmen, und dienten alsdann [illegible] Lehren für das Lineal, womit man den Thon ebnete und abstrich. [illegible]nn man nach diesen Vorbereitungen die vortretenden Hebelarme [illegible]hob, so öffneten sich alle Klappen und die darauf lagernde Thon[illegible]se stürzte sehr gleichmäfsig auf die Sohle der Baugrube herab. Der Rahmen wurde alsdann um seine Breite verschoben, und sonach [illegible]lofs sich die folgende Beschüttung unmittelbar an die erste an.

War diese Arbeit vollendet, so erfolgte die Ueberdeckung der [illegible]honschicht mittelst Tafeln von 12 Fufs Länge und 12 Fufs Breite, [illegible] aus $\frac{1}{4}$zölligen Dielen durch übergenagelte Leisten zusammengefügt waren. Alle Tafeln, welche neben den Spundwänden zu liegen [illegible]men, wurden an der Seite, wo sie diese berührten, nach deren [illegible]rm genau zugeschnitten. Eine Latte, welche unten mit einem [illegible]vorsprunge versehn war, womit sie die Spundwand berührte, wurde [illegible] senkrechter Stellung neben der Wand hingezogen. Dieselbe bezeichnete durch ihre Ausweichungen alle Unebenheiten der Wand, [illegible]e in der daneben zu versenkenden Tafel gleichfalls dargestellt wurden. Das regelmäfsige Versenken der Tafeln geschah, indem auf [illegible]e Ecken jeder derselben eine Leitschiene aufgeschroben war, die bei der Versenkung der Tafel schon benutzt wurde, um letztere herabzulassen. An diese Leitschienen liefsen sich aber auch die der benachbarten Tafeln befestigen, wodurch alle regelmäfsig und dicht schliefsend versenkt wurden. Um jedoch einen noch bessern Schlufs hervorzubringen, waren Streifen von Zwillich auf ihre Räder genagelt. Die Leitschienen wurden nicht früher ausgeschroben und entfernt, als bis die benachbarten Tafeln bereits am Boden lagen. Um das Aufschwimmen zu verhindern, hatte man dieselben aber schon beim Herablassen mit kleinen Steinen beschwert.

Nachdem auf solche Art der Boden gedichtet war, führte man erst die Fangedämme auf und setzte die Schöpfmaschinen in Bewegung, wobei das Wasser sich regelmäfsig senkte und die Baugrube trocken wurde. Alle erwähnten Arbeiten waren in der Tiefe von 8 bis 9 Fufs unter Wasser ausgeführt. Auf die Tafeln, die nunmehr eine gleichmäfsige und starke Beschwerung erhielten, wurden die Brückenpfeiler gestellt, aufserdem aber auch der ganze Raum ober-

halb und unterhalb der Brücke, 6 Fuſs hoch ausgemauert. Die sern Spundwände erhielten Fachbäume, die mit der Oberfläche Pflasters bündig waren, über die innern Spundwände wurde dag das Mauerwerk herübergeführt. Bei diesem ganzen Bau ereig sich kein namhafter Unfall und die Brücke hat sich, soviel bek gut gehalten. Zur Zeit des niedrigen Sommerwasserstandes b die Wassertiefe über den Fachbäumen oder der Grundmauer 2 Die Brücke hat 13 Bogen von 60 Fuſs Spannung, während die fülweite der früheren Brücke kaum die Hälfte maafs. *)

Beim Bau der Spühlschleuse in Dieppe, die in einem C also ganz ohne Wasserschöpfen erbaut wurde, wendete de gleichfalls eine Thonschüttung an, um die Bildung starker W adern unter dem Schleusenboden zu verhindern. Die Maschi er zum Versenken des Thones benutzte, war der beschrieben ähnlich und unterschied sich von dieser nur dadurch, daſs zelnen Klappen sich unmittelbar berührten, woher die stark terstäbe entbehrt werden konnten. Der Thon war vor dem Ge getrocknet und pulverisirt. Zur Bedeckung desselben diente matratzen, auf denen der Boden des Caissons, also der liege ruhte. Nichts desto weniger wurde durch diese Vorsichtsma das Durchströmen des Wassers nicht verhindert und die stürzte nach wenig Jahren ein. Es war jedenfalls viel gew man durch einen Bau, der nur auf Kiesboden gestellt war gend in denselben eingriff, den hohen Wasserstand der I halten wollte, der zur Zeit der Springfluthen sich hier 30 Fuſs

§. 44.

Trockenlegung der Baugrube.

Die Beseitigung des Wassers aus tiefen Baugruben wir ders schwierig, wenn der Boden porös ist und ein Fluſs sich in der Nähe befindet. Eben so wie ein unter gleichen

*) Die ausführliche Beschreibung dieses Baues, erläutert durch Zeichnungen, enthält das bereits citirte Werk von Régemortes: „ *du nouveau pont de pierre construit sur la rivière d'Allier à Moulins*

geführter Brunnen nie versiegt, so sammelt sich das Was-
n dieser Baugrube, und jemehr man es durch Pumpen oder
senkt, um so stärker fliefst es hinzu, indem der Wasser-
ter welchem die Quellen eintreten, sich durch diese Sen-
tärkt. Die Schwierigkeiten, welche der Trockenlegung der
sich entgegenstellen, werden zuweilen so grofs, dafs man
vorhandenen Schöpfmaschinen nicht ausreicht, denn wie
se auch sein mögen, so setzt die Vermehrung des Zuflusses
nehmenden Senkung des Wasserspiegels ihrer Wirksamkeit
ich eine Grenze, und so giebt es jedesmal eine gewisse
der eben so viel Wasser zufliefst, als die Maschine hebt,
n ist eine fernere Senkung nicht mehr möglich. Dieser
erstand findet aber nur statt, wenn die Maschine in voller
eit erhalten wird, sobald eine Unterbrechung eintritt, steigt
r und die Maschine mufs wieder einige Zeit hindurch ge-
ıben, bevor die Senkung bis zur früheren Tiefe erfolgt.
eilhaft ist es, wenn die erwähnte Grenze oder die Tiefe,
cher die Maschine das Wasser senken kann, weit unter
der Baugrube liegt. In diesem Falle darf das Pumpen
ununterbrochen fortgesetzt werden. Wenn dagegen jene
diejenige Höhe fällt, bis zu welcher die Senkung statt-
s, wenn der Rost gelegt oder der sonstige Grundbau vor-
werden soll, so darf die Maschine gar nicht zum Still-
ımen. Man mufs in solchem Falle schon einige Stunden
nfange der eigentlichen Arbeitszeit an jedem Morgen das
öpfen beginnen lassen, um den Zufluſs, der während der
ıt entfernt war, zu beseitigen. Für besonders tiefe und
e Gruben, wie etwa zu Schleusen-Anlagen genügt aber
s nicht, und man mufs sogar, um Unterbrechungen der
vermeiden, die Schöpfmaschinen dauernd, also eben so-
Nacht, wie am Tage und nicht minder an Sonntagen,
e erhalten. Vortheilhaft ist es aber, wenn in solchem
die eigentlichen Fundirungsarbeiten ununterbrochen fort-
rden, um den Bau möglichst bald soweit heraufzuführen,
s Pumpens nicht mehr bedarf.

len sind die aufgestellten Maschinen gar nicht im Stande,
r hinreichend tief zu senken. Man mufs alsdann mit gros-
rluste, der wieder mit Kosten verbunden ist, die Anzahl

oder die Wirksamkeit der Maschinen vergröfsern, oder zu ein
Fundirungsart übergehn, die eine minder tiefe Senkung de
erfordert. Zuweilen ist man sogar gezwungen, die Baustell
verlassen, und dafür eine andere, weniger quellreiche au
Wie störend und kostspielig solche Unterbrechungen sind,
wenn sie unerwartet eintreten, bedarf keiner nähern Au
setzung, es mufs jedoch noch darauf hingewiesen werden,
die Aufstellung einer recht kräftigen Maschine, wodurch
grube wirklich trocken gelegt wird, sich keineswegs alle
keiten beseitigen, indem eben die starke Strömung, welche
den Baugrund hindurchzieht, denselben so auflockern ka
die nöthige Festigkeit verliert.

Die Vorsichtsmaafsregeln zur Vermeidung solcher
lichkeiten beziehn sich zunächst darauf, dafs man sich b
Wasserzudrang möglichst zu schwächen. Diese
indem man für die Baustelle den passendsten Platz aus
sie dahin verlegt, wo der Boden mehr thonig als sandig
ist, und wo der Flufs sich etwas weiter entfernt. In v
ist indessen keine Wahl gestattet, doch jedenfalls ist
wichtigeren Bauten nothwendig, dafs man durch Boh
schon vorher von der Beschaffenheit des Grundes übe
die Stärke des Wasserzudranges einigermaafsen beurtheile

Zuweilen gelingt es auch, starke Quellen, welche
Baugrube ergiefsen, durch Aufschüttungen oder durch
u. dergl. zu schliefsen. Als im Jahre 1813 das Doc
werpen gebaut wurde, traten so grofse Wassermassen
grube, dafs die kräftigen Maschinen, die man aufgestell
erforderliche Senkung nicht bewirken konnten. Man ber
dafs das eindringende Wasser viel Erde mit sich führte
gab sich die Richtung des Zuflusses durch das Einsinken
in einiger Entfernung zu erkennen. Man ersah hieraus
Quell aus einem Festungsgraben gespeist wurde, und
Untersuchung desselben fand man, dafs eine ansehnliche
sich darin gebildet hatte. Indem man diese durch ei
Erde ausfüllte und überhöhte, hörte der starke Wa
auf. *)

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1836. *II. p.* 321.

ler Wasserzudrang hängt von der Höhe des Wasserstandes
n Flüssen oder anderer in der Nähe befindlichen Wasser-
n ab, und da dieser nach der Jahreszeit veränderlich ist, so
ein grofser Vortheil darin, wenn diejenigen Arbeiten, wobei
eifste Senkung erforderlich ist, in solche Zeit fallen, wo die
das wenigste Wasser führen und überhaupt die gröfste Dürre
idet. Dieses pflegt in den Monaten September und Anfang Octo-
r Fall zu sein. Sodann findet sich zuweilen auch Gelegenheit,
terirdischen Quellen, welche eine Baugrube füllen, schon ehe
ese erreichen, aufzufangen und anderweit abzuleiten. Zu
i Zwecke hat man die Anlage von Artesischen Brunnen in
Entfernung oberhalb der Baugrube empfohlen, wovon in-
nur selten einiger Nutzen zu erwarten ist. Solche Brunnen
i überfliefsen, wenn sie etwas helfen sollen, und man mufs
emühen, ihre Ergiebigkeit durch Eröffnung recht tiefer Ab-
möglichst zu vergröfsern, denn jemehr Wasser man ihnen
t, um so weniger können dieselben Quellen die Baugrube füllen.
ie Trockenlegung der Baustelle läfst sich ferner, wenn auch
lüsse nicht weiter zu vermindern sind, noch dadurch wesent-
leichtern, dafs man durch Eröffnung tiefer Abzugsgräben
atürlichen Abfluſs möglichst fördert. Man wird zwar nur
in dieser Art von der Sohle der Baugrube das Wasser ab-
können, aber sehr häufig treten starke Quellen in gröfserer
ein, und durch Beseitigung derselben werden die Schöpf-
nen schon ansehnlich entlastet. Man mufs überhaupt sehr
ksam sein, dafs die Hubhöhe nicht gröfser wird, als sie
en localen Verhältnissen sein mufs. Der Effect der Schöpf-
ne ist das Product aus der Wassermenge, die etwa in einer
gehoben wird, in die Hubhöhe. Gelingt es, die letztere
Hälfte zu reduciren, so kann im Allgemeinen dieselbe Ma-
oder dieselbe Anzahl von Arbeitern doppelt soviel Wasser
i. Dieser Umstand wird häufig ganz übersehn. Man hebt
asser so hoch, wie die vorräthigen Pumpen sind, und gieſst
ht selten wohl 6 Fufs über dem Fangedamm aus, während
h nur so eben über das Niveau des äufsern Wassers gehoben
den brauchte.

ie Krone des Fangedammes tritt unter gewöhnlichen Ver-
sen einige Fufs hoch über das äufsere Wasser, man mag

indessen dieselbe nicht einschneiden, um den Damm keiner Gefahr auszusetzen. Diese Vorsicht ist jedoch meist nicht gerechtfertigt, denn indem der Einschnitt über Wasser geschieht, so kann man ihn immer schnell und sicher, sobald es nöthig sein sollte, wieder schliefsen, und eine undichte Stelle im Fangedamme, wenn sie in der Nähe seiner Krone vorkommt, ist jedenfalls wenig bedenklich. Hiernach rechtfertigt sich das Verfahren, welches man hin und wieder anwendet, dafs man nämlich die Füllungserde des Dammes vor den Pumpen bis gegen den Wasserspiegel ausgräbt, die beiden Holzwände in dieser Höhe etwa einen Fufs breit durchschneidet und eine Rinne einlegt. Sobald das Wasser wieder steigt, so schiebt man, nachdem die Rinne herausgezogen ist, Brettstücke auf der innern Seite vor die Einschnitte beider Wände und bringt in dünnen Lagen wieder bis zur passenden Höhe den Thon auf, den man fest stampft. Indem das Steigen des Wassers gemeiniglich nicht unerwartet erfolgt und eine wichtige Baustelle doch nie ohne Aufsicht bleiben kann, so findet hierbei keine Gefahr statt.

Andrerseits hat man zuweilen gleich beim Bau des Fangedammes hölzerne Rinnen durch denselben hindurchgezogen. Dieses Mittel wandte schon Perronet beim Bau der Brücke zu Neuilly an, und es kommt gewöhnlich auch bei denjenigen Fangedämmen vor, welche nur den Wasserstand der Ebbe abhalten sollen, da es Gelegenheit giebt, das Fluthwasser aus der Baugrube abzuführen. Die Rinne selbst läfst sich leicht wasserdicht darstellen, aber es ist schwer, ihre Verbindung mit der Füllungserde genügend zu sichern. Besonders mufs man aber befürchten, dafs unter ihr der Boden sich Quellen hindurchziehn, indem eines Theils die Erde hier nicht fest dagegen stampfen läfst und andern Theils auch leicht später ein Setzen der Erde eintreten kann, an welchem die Rinne nicht Theil nimmt.

Eine andre Methode zur Vermeidung der überflüssigen Hubhöhe beruht darauf, dafs man das gehobene Wasser in Hebern über den Fangedamm fliefsen läfst. Dieses Verfahren, welches vor geraumer Zeit in Metz angewendet wurde *), scheint sich vorzugsweise zu empfehlen, man mufs dazu aber im Innern der Baugrube einen grofsen Kübel einrichten, der das Wasser zunächst aufnimmt und

*) Sganzin, *programme. I. 4. édition. p.* 308.

[illegible]en Umfassungswände sich bis zum höchsten äufsern Wasser-[illegible]de erheben. Wenn der Heber aus gufseisernen Röhren besteht, wird er seinen Dienst sehr regelmäfsig und sicher erfüllen, doch [illegible]fs er an seinem obern Ende mit einer Füllröhre und hier sowohl, [illegible] an beiden Mündungen mit Hähnen oder Klappen versehn sein, [illegible] sich leicht öffnen und schliefsen lassen, weil man ihn sonst [illegible]ht in Wirksamkeit setzen kann. Sein Querschnitt darf auch nicht [illegible]t enge sein, mufs vielmehr der durchzuführenden Wassermenge [illegible]sprechend gewählt werden, weil er sonst eine gröfsere Druck-[illegible]he zum Abführen des Wassers gebraucht. Man hat zuweilen auch [illegible]e Pumpen mit Hebern verbunden, oder ihnen eine solche Ein-[illegible]tung gegeben, dafs sich die Hubhöhe nach dem jedesmaligen [illegible]ern Wasserstande von selbst regulirt: hiervon wird bei Be-[illegible]reibung der Schöpfmaschinen die Rede sein.

Demnächst läfst sich auch der Wasserspiegel in dem Abzugs-[illegible]aben zuweilen durch eine angemessene Leitung desselben senken [illegible]d dadurch wieder die Hubhöhe der Schöpfmaschinen vermindern. [illegible] gelang es Régemortes, den Wasserspiegel in der Baugrube um [illegible] Zoll zu senken, indem er einen Canal am Ufer des Allier-[illegible]sses etwa 200 Ruthen stromabwärts zog, bei mehreren Schleusen [illegible]i Bromberger Canale war es sogar möglich, die Baugrube ohne [illegible]höpfmaschinen trocken zu legen, indem man jedesmal das Gefälle [illegible]r nächstfolgenden Schleuse benutzte und bis zu ihrem Unterwasser [illegible]er bis zur zweiten Canalstrecke den Abzugsgraben herabführte.

Bei der Unsicherheit, die jedesmal ohnerachtet aller vorher [illegible]henden Untersuchungen über die Stärke des Zufluſses statt zu [illegible]den pflegt, empfiehlt es sich, die Anordnungen so zu treffen, dafs [illegible]an nöthigenfalls mit den beigeschafften Maschinen auch eine [illegible]rösere Wassermenge zu heben im Stande ist, als man er-[illegible]artet. Wenn hierdurch auch vielleicht und namentlich bei An-[illegible]endung von Dampfmaschinen nicht das Maximum des Nutzeffectes [illegible]wonnen wird, so erreicht man doch den grofsen Vortheil, dafs [illegible]an bei einem unerwartet starken Zuflusse nicht den Bau unter-[illegible]echen darf. Eine solche Unterbrechung ist aber besonders nach-[illegible]eilig, wenn der zur Fundirung günstige Wasserstand des Flusses [illegible]r kurze Zeit hindurch anhält, und sonach eine Störung der Ar-[illegible]it in dieser Periode vielleicht die Beendigung des Baues um ein [illegible]nzes Jahr verzögert.

Das Schöpfen des Wassers geschieht nicht in der Sohle Baugrube selbst, weil man diese alsdann nicht wasserfrei ma könnte, auch ist es bei allen Schöpfmaschinen und namentlich Pumpen vortheilhaft, das Wasser nicht unmittelbar über dem B zu entnehmen, woselbst es gar zu unrein ist; in einer grö Höhe darüber ist es frei von den gröbsten erdigen Theilchen. diesem Grunde pflegt man in der Baugrube selbst noch ein sondere Vertiefung oder den sogenannten Sumpf zu bilden. Einrichtung desselben mufs man aber sehr vorsichtig sein, dafs durch nicht etwa dem Wasser ein leichter Zutritt eröffnet Dieses wäre zu befürchten, sobald in geringer Tiefe unter der der Baugrube sich besonders poröse Schichten vorfinden. In s Fällen kann es nöthig werden, den Sumpf in seiner Sohle z decken und ihn in den Seitenwänden wie einen Brunnen einzuf damit er möglichst wasserdicht wird und sich nur von oben die Zuflüsse aus der Baugrube füllt.

Zuweilen kann man in einer Baugrube, wenn die S maschinen im Gange sind, deutlich bemerken, dafs an ein Stellen starke Quellen hervortreten, und man versucht al diese zu stopfen, doch ist im Allgemeinen der Erfolg davon befriedigend. Es kommt hierbei vorzugsweise auf die Besch heit des Grundes an: wenn derselbe sandig oder kiesig ist, s durch die Schliefsung derjenigen Oeffnung, durch welche das W hervorquoll, der vermehrte Druck im Innern sogleich zur Entst eines neuen Ausflusses Veranlassung geben. Bei einem mehr haltigen Boden, worin sich vielleicht eine geschlossene Wass gebildet hat, kann dagegen eine dichte Sperrung, die man Mündung anbringt, den Quell vollständig verschliefsen. Um Sperrung zu bewirken, ist das einfachste und gewöhnlichste dieses, dafs man einen Pfahl hineinrammt; man hat auch hi wieder recht trockne Thonmassen hineinzustopfen versucht, Wasser quellen und sonach die Ader schliefsen, auch ist Bét diesem Zwecke benutzt worden, doch lassen die beiden l Mittel nur in dem Falle einigen Erfolg erwarten, wenn m ihrer Anwendung die Schöpfmaschinen aufser Thätigkeit gesetz damit die Strömung für einige Zeit unterbrochen bleibt. dieses nicht geschehn ist, so dürfte der Thon oder der Béto gar nicht hineinbringen lassen, oder doch wenigstens nic

hörige Füllung der Oeffnung bewirken, indem das durchfließende asser ihn zu stark angreift und die gelösten Theilchen heraustreibt.

Zuweilen hat man solche Quellen in besondere Fangedämme, er auch wohl in Fässer oder Röhren eingeschlossen. Dieses ittel ist gewifs passend, wenn der Zusammenhang der Quellen t der übrigen Baugrube sich ganz aufheben läfst und das Wasser der Röhre wirklich zur vollen Druckhöhe ansteigt, wodurch der nere Zufluſs des Quells unterbrochen wird. In dieser Art wurden im Bau der Brücke zu Orleans mehrere Quellen eingefafst. Jedenls mufs alsdann der Baugrund hinreichend fest sein, damit das asser unter dem stärkeren Drucke sich nicht daneben einen neuen sweg eröffnen kann. Ist dieses nicht der Fall, so läfst man das asser in der Röhre bis über den äufsern Wasserspiegel ansteigen d leitet es in diesen ab, erhebt es sich aber nicht so hoch, so t man nur für die gehörige Dichtung der Röhre zu sorgen, damit ine Ausströmung in die Baugrube erfolgt. In beiden Fällen bedert diese Röhre nicht die Ausführung des Fundamentes, wenn) neben demselben sich befindet, tritt sie aber in dieses hinein, mufs sie durch Mauerwerk umschlossen und nach Erhärtung s letzteren durch Béton gesperrt werden, wie später mitgetheilt rden wird.

Das sicherste Mittel zum Stopfen der aus dem Grunde hervorechenden Quellen bietet der Béton dar, besonders wenn er über e ganze Sohle als Grundfangedamm ausgebreitet wird. Hauptbengung ist hierbei aber, dafs man der Bétonlage hinreichende Zeit m Erhärten läfst, bevor sie dem Wasserdrucke ausgesetzt wird, nn so lange sie noch weich ist, findet das Wasser leicht Gelegenit hindurchzudringen und spült alsdann die Kalktheilchen heraus,) dafs der Béton an einzelnen Stellen alle Festigkeit verliert und er denselben die Quellen sich wieder zeigen.

§. 45.

Schöpfmaschinen.

Wenn bei ausgedehnten Fundirungs-Arbeiten oder sonstigen Baulagen grofse Wassermassen längere Zeit hindurch gewältigt wer-

den sollen, so wird man unbedingt wohlthun, aus bewährten Maschinenbau-Anstalten die Pumpen oder andere Apparate nebst den zugehörigen Dampfmaschinen zu beziehn, auf kleineren und abgelegenen Baustellen ist der Baumeister dagegen oft gezwungen, die Schöpfmaschinen selbst zusammenzustellen, oder doch ihre Ausführung speciell zu leiten, woher es nöthig scheint, einige Andeutungen über die Einrichtung und den Betrieb solcher einfacheren Maschinen mitzutheilen. Zunächst mag von den zu benutzenden Betriebskräften die Rede sein.

Die Schöpfmaschinen, deren man sich zur Trockenlegung der Baugruben bedient, werden häufig durch Menschen in Bewegung gesetzt, und namentlich findet dieses statt, wenn sie nicht lange Zeit hindurch in Thätigkeit erhalten werden dürfen, oder wenn die Wassermenge, die sie fördern sollen, ziemlich unbedeutend ist. Die Menschenkraft hat vor allen übrigen Betriebskräften den Vorzug, dafs sie sich viel unmittelbarer zur Darstellung der beabsichtigten Wirkungen benutzen läfst. Wenn z. B. eine Pumpe in Bewegung zu setzen ist, so darf man dieselbe nur mit einem Schwengel versehn, um sie durch Menschen treiben zu lassen, und selbst der Schwengel fehlt bei den Schiffspumpen, die mittelst einer Handhabe an der Kolbenstange bewegt werden. Will man dagegen die Pferdekraft zum Betriebe der Pumpe benutzen, so mufs man einen Göpel in der Nähe einrichten und die horizontale und rotirende Bewegung desselben durch eine mechanische Vorrichtung in die verticale auf- und abwärts gerichtete verändern. Noch complicirter und kostbarer wird die Einrichtung, wenn man die Wasserkraft oder eine Dampfmaschine benutzt. Die Betriebskosten pflegen in beiden Fällen sich zwar niedriger zu stellen, als bei Anwendung der Menschenkraft, aber die Aufstellung der Maschine ist so theuer, dafs dieselbe lange Zeit hindurch im Gange erhalten werden mufs, um die Anlagekosten zu decken. Hieraus ergiebt sich, dafs die Wahl der Maschine durch die wahrscheinliche Dauer ihres Gebrauches bedingt wird, indem es darauf ankommt, dafs die Summe der Kostenbeträge für Einrichtung und Betrieb möglichst geringe ausfällt.

Demnächst kommt es bei der Wahl der Schöpfmaschinen für den in Rede stehenden Zweck auch sehr darauf an, dafs sie nicht viel Raum einnehmen, denn gemeinhin ist die Ausdehnung des Platzes

ıufgestellt werden sollen, sehr beschränkt. Die gewöhn-
mpe ist in dieser Beziehung besonders vortheilhaft, doch
lere Maschinen und namentlich diejenigen, durch welche das
senkrecht gehoben wird, bieten ähnliche Vortheile. Man
bei aber nicht allein die eigentlichen Schöpfapparate berück-
denn auch die Nebentheile und namentlich diejenigen me-
:n Vorrichtungen, welche die Betriebskraft unmittelbar auf-
müssen in der Nähe der Baugrube aufgestellt werden.
ıan sie davon weit entfernen, so würde das Gestänge, oder
igen Zwischenglieder, welche zur Uebertragung der Kraft
inen Theil derselben consumiren und sie dadurch schwächen.
en Gründen muſs man häufig auf die Benutzung der Pferde-
zicht leisten, welche sich im Uebrigen hierzu sehr wohl
'eil sie an sich wohlfeiler als Menschenkraft, auch leicht
affen ist, und im Vergleiche zur Dampfkraft nur einfache
ngen fordert.

ıer muſs die Schöpfmaschine, welche man wählt, das Was-
Umständen in verschiedene Höhe heben, wie bereits
:t ist. Bei den Pumpen läſst sich dieses leicht erreichen,
an den Ausguſs beliebig hoch anbringen kann, ohne eine
Aenderung vorzunehmen, und es kommt nur darauf an, daſs
en beständig unter der Seitenöffnung bleibt. Sobald man
n Steigen des äuſsern Wassers gezwungen ist, den Ausguſs
en und die frühere Oeffnung zu schlieſsen, so ist es ohne
, wenn dieser Schluſs auch einige Unebenheiten im Innern
pe darstellt.

Wasser, welches man heben muſs, ist gemeinhin nicht
ı und führt oft erdige Theilchen und selbst Sand, auch
lre Körper, wie Holzspähne u. dergl. mit sich. Hierdurch
dichte Schluſs der Kolben leicht beeinträchtigt und selbst
le bleiben geöffnet, sobald fremde Körper hineinkommen.
meidet solche Uebelstände zum Theil dadurch, daſs man
ser nahe an der Oberfläche eines tiefen Sumpfes schöpft
durch Körbe oder durch Kasten, die siebartig mit feinen
versehen sind, hindurchtreten läſst. Die Pumpen sind in
eziehung am meisten der Beschädigung unterworfen und
ı sich daher andre Schöpfmaschinen, bei denen Ventile

oder Kolben nicht vorkommen, beim Heben des trüben Wassers dauerhafter, auch sind Reinigungen oder Reparaturen bei ihnen seltener erforderlich.

Allen Schöpfmaschinen, sowie überhaupt allen Maschinen, mufs man diejenige Geschwindigkeit geben, welche ihre Leistung vergleichungsweise zu der darauf verwendeten Kraft zu einem Maximum macht. Wollte man z. B. das geneigte Schaufelwerk sehr langsam bewegen, so würde durch den freien Spielraum, der dabei nothwendig ist, der gröfste Theil des Wassers, nachdem es etwas gehoben worden, wieder zurückfliefsen und der Effect der Maschine sich sehr vermindern. In noch höherem Grade findet dieses bei dem Wurfrade statt, welches freilich nicht zum Ausschöpfen von Baugruben benutzt wird. Letzteres leistet, wie die Erfahrung lehrt, gar nichts, sobald die Windmühle, die es gewöhnlich treibt, von einem schwachen Winde nur langsam bewegt wird. Andere Maschinen dagegen bedürfen einer gewissen Zeit, um das Wasser aufzunehmen, welches nur vermöge der Schwere in sie hineinfliefst. Diese zeigen einen unverhältnifsmäfsig geringen Effect, wenn man sie sehr schnell bewegt, wie z. B. die Kastenkünste, die Schöpfräder u. dergl. Man mufs also jedesmal für die passende Geschwindigkeit der Schöpfmaschine sorgen, doch läfst sich diese Geschwindigkeit nicht willkührlich dadurch reguliren, dafs man etwa die Kurbel sehr schnell oder sehr langsam drehn oder den Kolben einer Dampfmaschine beliebig schnell spielen läfst, denn diese Theile der Maschine, welche die Betriebskraft unmittelbar aufnehmen, müssen gleichfalls mit der für sie angemessenen Geschwindigkeit sich bewegen, wenn der Effect ein Maximum werden soll. Sonach bleibt nur übrig, durch die Zwischenglieder in der Maschine, welche die Bewegung übertragen, das bestimmte Verhältnifs der Geschwindigkeiten darzustellen, man thut aber wohl, wenn man die Kräfte gleich so wählt, dafs keine zu grofse Veränderung der Geschwindigkeit erforderlich wird.

Die Thatsache, dafs die Betriebskraft nur bei einer gewissen Geschwindigkeit ein Maximum ist, wird häufig nicht genug beachtet, und dieses vielleicht aus dem Grunde, weil man die Gröfse oder das Moment der Betriebskräfte, d. h. die Producte aus dem Drucke oder Zuge in die Geschwindigkeit durch constante Zahlen auszudrücken gewohnt ist. Wenn man z. B. das Moment

ner Pferdekraft gleich 500 setzt, oder annimmt, dafs der Zug oder as senkrecht gehobene Gewicht multiplicirt in die Höhe, zu der s in der Secunde ansteigt (wobei die erste Gröfse in alten Pfunden nd die letzte in Fufsen ausgedrückt ist), die Zahl 500 giebt, so wird man leicht verleitet zu glauben, dafs dieses Product für alle Geschwindigkeiten sich immer gleich bleibt und dafs sonach der Zug mmer umgekehrt der Geschwindigkeit proportional ist. Dieses st indessen keineswegs der Fall, jene Zahl bezeichnet vielmehr das Maximum des Productes, das nur bei einer bestimmten Geschwindigkeit eintritt. Wahrscheinlich bleibt aber die Leistung des Pferdes, wenn man die dauernde und regelmäfsige Thätigkeit betrachtet, noch unter der angegebenen Gröfse, sowie überhaupt bei der Schätzung der organischen Kräfte dieselben gewöhnlich zu hoch angenommen werden, wie schon bei Gelegenheit der Rammarbeiten bemerkt wurde.

Bei Anwendung der organischen Kräfte zur Bewegung von Maschinen kommt es demnächst auch sehr darauf an, die Menschen oder Thiere auf solche Art anzustellen, wie es ihrer Natur und ihrem Körperbau am meisten zusagt. Die Aufgabe besteht immer darin, aus der ganzen Tagesthätigkeit den gröfsten Effect zu ziehn. Jede übermäfsige Anstrengung, die bald Ermüdung und Abspannung verursacht, mufs vermieden werden, und man mufs besonders diejenigen Theile des Körpers zur Aeufserung der Kraft benutzen, welche die stärksten sind und die kräftigsten Muskeln enthalten. Der Natur des Pferdes entspricht mehr der horizontale Zug, als das Steigen, das Pferd giebt also einen gröfseren Effect, wenn es in den Göpel gespannt wird, als wenn es im Laufrade oder auf der Tretscheibe geht, aber auch im Göpel mufs es an einen langen Zugbaum gespannt werden, weil es sonst zu leicht ermüdet, indem sehr kurze Wendungen einen Theil seiner Kraft consumiren.

Noch vorsichtiger mufs man bei Anwendung der Menschenkraft sein. Die grofse Verschiedenheit der Momente derselben, jenachdem die Arbeiter zur Bewegung einer Kurbel, eines Laufrades oder auf andre Art benutzt werden, ist so augenscheinlich, dafs sie schon lange bemerkt worden ist, und man hat in der Maschinenlehre für jede dieser Anwendungen die Gröfse des Momentes zu bestimmen gesucht. Dabei wird indessen gemeinhin die Ursache

dieser Verschiedenheit nicht richtig aufgefafst, indem man sagt, dafs ein Mensch entweder durch seine Kraft, oder sein Gewicht wirke und im letzten Falle seine Leistung gröfser ist, als im ersten. Dafs der Mensch als todte Last oder als bloſses Gewicht eine Maschine in Bewegung setzt, kommt selten vor, und wo es geschieht, da mufs der Mensch selbst wieder die Kraft entwickeln, um sein Gewicht zu heben. Bei unbelastetem Steigen, oder indem man nur sein eigenes Gewicht hebt, ist der mechanische Effect gröfser, als bei jeder andern Kraftäufserung.

Die Anstrengung der Muskeln in den Schenkeln und im Unterleibe tritt aber auch in vielen andern Fällen ein, wo kein eigentliches Steigen stattfindet, so z. B. beim Drehn der Erdwinde, wobei man gleichfalls einen sehr grofsen Effect erreicht, auch beim Rudern erklärt sich hierdurch allein die sehr grofse Kraftäufserung, welche besonders durch ihre lange Dauer überrascht. Beim gewöhnlichen Pumpen, sowie beim Rammen ist gleichfalls die Kraft der Schenkel von grofsem Einfluſs, indem der Körper zur Hervorbringung eines starken abwärts gerichteten Zuges gesenkt und durch die Füſse immer von Neuem gehoben wird. Bei der Kurbel endlich treten nach dem jedesmaligen Stande derselben sehr verschiedenartige Kraftäufserungen ein, bald hebt man sie, bald wird sie gesenkt, bald horizontal angezogen und bald abgestofsen, der ganze Körper ist bei ihrer Drehung in fortwährender Bewegung, aber der Effect ist in den verschiedenen Perioden so verschieden, dafs eine Ausgleichung der Kraft hierbei besonders nöthig wird. Man stellt eine solche dar, indem man ein Schwungrad anbringt, oder die Achse mit zwei Kurbeln versieht, die am vortheilhaftesten unter dem Winkel von 135 Graden gegen einander verstellt sind.

Das Angeführte wird genügen, um die verschiedenen Betriebskräfte und die Art ihrer Anwendung zur Bewegung der Schöpfmaschinen zu beurtheilen. Was die Zwischentheile der Maschine betrifft, welche die Kraft übertragen, so wäre hier nur darauf aufmerksam zu machen, dafs man nicht nur eine starke Reibung, sondern auch alles Biegen und Schlottern darin vermeiden mufs, denn jeder heftige Stofs veranlafst Kraftverlust und schwächt die Wirkung der Maschine. Ebenso hat das Schwanken und das Verziehn einzelner Theile nicht nur eine Abnutzung derselben zur Folge, sondern auch

Hierauf wird ein Theil der Betriebskraft verwendet, also der beabsichtigte Nutzeffect dadurch geschwächt.

In der nachstehenden Beschreibung derjenigen Apparate, wodurch das Wasser gehoben wird, also der eigentlichen Schöpfmaschinen, soll zunächst von denjenigen die Rede sein, welche einen heftigen Stofs dem Wasser ertheilen und es dadurch zu der erforderlichen Höhe heraufwerfen, sodann von denen, welche es in Eimern oder Kasten schöpfen und heben, ferner von solchen, wobei das Wasser in gewisse bewegliche Canäle eingeführt wird, deren Neigung man verändert und dadurch das Wasser zwingt, eine andere Stelle einzunehmen und nach dem höher gelegenen Ausgusse hinzufliefsen. Endlich aber können diese Canäle oder Rinnen auch fest sein und ihre Lage unverändert beibehalten, während Kolben sich in ihnen bewegen, die das Wasser mit sich führen. Dabei treten noch die beiden Modificationen ein, dafs entweder die Kolben sich ununterbrochen in derselben Richtung hinziehn, oder nur auf eine gewisse Höhe sich heben und alsdann sich wieder senken. Im letzten Falle wird dem Wasser nur durch einzelne Stöfse die Bewegung ertheilt.

A. Unter den Maschinen, welche durch einen heftigen Stofs das Wasser in Bewegung setzen und es aufwerfen, sind die einfachsten die Schaufeln. Man unterscheidet aber die Wurfschaufel von der Schwungschaufel, indem man unter der ersten Benennung solche versteht, die ohne weitere Befestigung nur aus freier Hand geführt werden, und unter der letzten diejenigen, welche an einem Bocke hängen. Die ersten kommen auf Baustellen wohl nie vor, weil ihre Benutzung nicht nur sehr anstrengend ist, sondern auch grofse Uebung erfordert. Die Schwungschaufeln finden häufige Anwendung bei Wasserbauten, doch seltener beim Trockenlegen der Baustellen, als beim künstlichen Ausschöpfen kleiner eingedeichter Niederungen. Fig. 239 zeigt ihre gewöhnliche Zusammensetzung, sie besteht aus fünf Brettstücken, ihre Länge beträgt 18 Zoll bis 2 Fufs und ihre Höhe und Breite 9 bis 12 Zoll. Sie ist mit einem langen Stiele versehn und hängt überdies an einem aus Stangen leicht zusammengesetzten dreibeinigen Bocke, letzterer ist etwa 8 Fufs hoch. Ein Arbeiter stöfst die Stange mit Heftigkeit in solcher Neigung fort, dafs der zugeschärfte Boden der Schaufel etwa einen Zoll tief eintaucht. Beim weitern Fortgehn hebt sich der Kasten

und giebt dadurch dem Wasser diejenige Richtung, dafs es m
etwa 6 Fufs entfernten, breiten Rinne fliegt, welche es üb
Damm nach dem äufsern höhern Wasser führt. Dafs die L
dieser einfachen Maschine nicht ganz unbedeutend sein kann
man daraus abnehmen, dafs sie häufig angewendet wird. Di
zu der das Wasser dabei gehoben wird, beträgt selten m
3 Fufs, und nicht leicht wird ein Arbeiter während eines S
ges, der etwa 4 Secunden dauert, einen halben Cubikfufs
schöpfen. Zuweilen stellt man an eine Schaufel auch zwei o
häufiger drei Arbeiter an, von denen der eine den Stiel fü
die andern beiden mittelst Leinen der Schaufel den starken S
ertheilen.

Häufig hat man der Schaufel eine feste Aufstellu
geben, wodurch ihr Gebrauch sicherer wird. Eine Ein
dieser Art, welche bei den Schleusenbauten an der Ems ang
und sehr gerühmt wurde, zeigt Fig. 240. Die eigentliche S
welche in Fig. 241 *a* und *b* in der Ansicht von vorn und im
schnitte dargestellt ist, besteht aus einem eisernen Rahmen v
2 Fufs Höhe und 1½ Fufs Breite, der mit drei hölzernen
geschlossen wird. Letztere drehn sich um horizontale Ach
überdecken sich, wenn sie geschlossen sind. Sobald der
in derjenigen Richtung bewegt wird, wohin das Wasser fort
werden soll, so schliefsen sich die Klappen und sperren di
worin die Schaufel schwingt, sobald aber die entgegengesetz
tung eintritt, so öffnen sie sich und durchschneiden auf d
ziemlich leicht das Wasser, welches die Rinne wieder anfü
Hubhöhe beträgt 3 bis 4 Fufs, und wenn das Wasser re
in der Baugrube oder in der Rinne steht, so werden bei jede
bis 7 Cubikfufs ausgeworfen. In der Minute erfolgen 10 bis 1
und die Maschine wird durch 4 bis 6 Arbeiter bewegt, die
Zugleinen bei *A* in ähnlicher Art wie an einer Ramme
während ein Arbeiter noch die Leine *B* führt, um die Schaufe
ler zurückzutreiben. Endlich ist noch darauf aufmerksam zu
dafs der Rahmen sich frei in der Rinne bewegt und ein Sp
von etwa 1 Zoll ringsum offen ist.

Zu den Maschinen dieser Art gehört endlich noch das
rad, welches jedoch fast nie zur Trockenlegung der Baugru
nutzt wird, wogegen man es bei Entwässerung eingedeich

n häufig anwendet. Seine Beschreibung findet daher ihre ste Stelle im zweiten Theile dieses Handbuches. Régemortes s indessen auch zum ersten Zwecke gebraucht und zwar aus genthümlichen Grunde, weil er auf dem bereits versenkten oden, der den Grundfangedamm überdeckte, keine vertiefte oder keinen Sumpf darstellen konnte, und alle sonstigen naschinen einen so hohen Wasserstand zurückliefsen, dafs urerarbeit nicht bequem und sicher auszuführen war.

Schöpfen und Heben des Wassers in Eimern oder n:

r unmittelbare Gebrauch der Handeimer zum Ausschöpfen ugrube kommt häufig vor und empfiehlt sich vorzugsweise ı, dafs keine besondere Einrichtung dazu erforderlich wird, ie Arbeiter ohne alle Uebung diese Verrichtung ausführen . Wenn jedoch der Effect nicht zu ungünstig ausfallen soll, ıen manche Vorsichtsmaafsregeln beachtet werden, die in den Bemerkungen über die zweckmäfsige Benutzung der Menaft ihre Begründung finden. Hierher gehört, dafs die Arbeiht über, sondern in dem Wasser stehn, welches sie ausn, weil sie im entgegengesetzten Falle sich jedesmal tief bücken en eignen Körper von Neuem heben müfsten. Steht dager Arbeiter bis an das Knie im Wasser, so kann er schon echter Stellung den Eimer füllen und ihn bequem 3, auch Fufs hoch heben. Eine noch gröfsere Hubhöhe wird sehr nd, wenn eine solche nöthig ist, mufs man zwei Reihen Ariber einander stellen, die alsdann zusammen das Wasser bis heben können. In diesem Falle ist es aber nicht passend, e untenstehenden Arbeiter die Eimer in ein Becken gieſsen ; obenstehenden hier von Neuem schöpfen, vielmehr müssen ıer gefüllt auf die Rüstung gestellt und von hier weiter gewerden, wobei die bereits gewonnene Hubhöhe vollständig wird. Endlich ist auch dahin zu sehn, dafs die Eimer mögeicht und hinreichend fest sind damit sie bei dem unvermeidZusammenstofsen nicht zerbrechen. Lederne Feuereimer her für diesen Zweck besonders geeignet. Solche lassen sich ewöhnlich leihweise beschaffen, ihre Anzahl mufs aber wenigen so grofs, wie die der Arbeiter sein. In Venedig benutzt

man hierzu breite, aus Weiden geflochtene Körbe, die zw
Wasser durchlassen, aber bei ihrer geringen Tiefe besond
quem gefüllt und ausgegossen werden können. Jeder Ko
von zwei Arbeitern geführt. Nach der gewöhnlichen Anna
steht die Leistung eines Arbeiters darin, dafs er in der Minu
den Eimer hebt, der durchschnittlich ¼ Cubikfufs Wasser fa
mufs indessen hierbei, sowie bei allen diesen Angaben, auf
Pausen rechnen und darf nicht annehmen, dafs ein Arbeite
8 Stunden am Tage diese Leistung fortzusetzen im Stand

Wird die Hubhöhe bedeutender, so ist es vortheilh
Wasser in gröfseren Quantitäten zu heben, und man th
wohl, den Eimer an einen Hebel zu hängen und letzt
ein Gegengewicht zu belasten, welches den Eimer mit l
lung trägt. Man hat auch ähnliche Vorrichtungen oftmal
det, um einzelne gröfsere Eimer abwechselnd zu heben
zulassen und dabei auch zugleich für ein bequemes Fülle
ren derselben gesorgt, doch kommen solche beim Trock
Baugruben nicht leicht vor.

Sehr wichtig ist die Anordnung, wobei an einer
Ende eine ganze Reihe von Eimern befestigt ist, welc
Bewegung der Kette abwechselnd unter das Wasser t
daselbst füllen, sodann ansteigen und über eine obere Trc
auf der sie sich bei der veränderten Stellung entleeren.
schon früher durch eine andere Vorrichtung umgekippt
ihren Inhalt fallen lassen. Dieses sind die sogenannte
werke oder Norien, welche man schon seit langer Ze
in Italien angewendet hat und die bei einer passenden
für gröfsere Hubhöhen sehr günstige Resultate zu gel
Die Reibung beschränkt sich bei ihnen allein auf diejenig
den wenigen Achsen und an der Kette stattfindet. Sie heb
ser in gut schliefsenden Kasten und auf dem kürzeste
die erforderliche Höhe, woher kein grofser Kraftverlus
tritt. Dabei kommen jedoch manche erhebliche Uebe
die sich besonders darauf beziehn, dafs beim Entleeren
nicht vollständig aufgefangen wird, so dafs häufig ein g
desselben wieder zurückstürzt, ferner dafs das Wasser
auf eine bedeutend gröfsere Höhe gehoben werden mufs
gefangen wird, und endlich dafs das Füllen der Kasten

ein enthaltenen Luft oft Schwierigkeiten verursacht. Um diese Mängel zu beseitigen, hat man verschiedene Modificationen eingeführt, die kurz bezeichnet werden sollen. Im Allgemeinen ist aber zu bemerken, dafs diese Maschinen eine langsame Bewegung erfordern, weil sie sonst weder gehörig das Wasser schöpfen, noch auch es an der passenden Stelle ausgiefsen.

Fig. 242 stellt eine Norie dar, welche durch eine Art von Kammrad in Bewegung gesetzt wird, oder wo die Stöcke, welche die Kette fassen, an der einen Seite aus der Radfläche hervortreten. Wenn man das ausgegossene Wasser hier vollständig auffangen will, so ist es nöthig, dafs der Trog, der es aufnimmt, nur wenig höher, als die Achse des Rades liegt, woher die Welle an dieser Seite des Rades nicht vorstehn darf, vielmehr auf der andern Seite ihre beiden Lager haben mufs. Ferner fängt man das Wasser zuweilen, wie Fig. 243 im Durchschnitte zeigt, in der Trommel selbst auf. Die beiden Ketten, zwischen welchen die Eimer befestigt sind, werden nämlich über zwei gufseiserne Scheiben geführt, deren jede sechs Arme hat, womit die Ketten gefafst werden. Die Zwischenräume zwischen je zwei Armen sind mit Blech gefüttert, so dafs sich hier abgeschlossene Tröge bilden, die jedoch eine starke Neigung nach der einen Seite erhalten, oder hier sich der Drehungsachse merklich nähern. Am häufigsten giefsen die Kasten, nachdem sie auf die obere Trommel getreten sind, das Wasser in der Richtung nach vorn aus. Besonders zweckmäfsig ist in diesem Falle die in Fig. 244 dargestellte Einrichtung, welche von Gateau herrührt und die man in Frankreich verschiedentlich mit Vortheil benutzt hat.*) Die Kasten, welche etwa 1 Fufs hoch, 6 Zoll breit und 9 Zoll lang sind, haben zwei Oeffnungen, nämlich wenn man die Stellung betrachtet, in welcher sie aufsteigen und mit Wasser gefüllt sind, so haben sie oben und zwar zur Seite neben dem schrägen Boden einen offenen Schlitz, der nicht geschlossen werden kann und durch welchen sie sich füllen und entleeren, unten dagegen ist eine kleinere Oeffnung befindlich, welche mit einem Klappenventile geschlossen ist. Sobald ein Kasten über die obere Trommel getreten ist, so öffnet sich dieses Ventil von selbst ver-

*) Vergl. Navier's Ausgabe von Bélidor's *Architecture hydraulique* p. 581 und *Recueil de dessins etc.*

möge seines Gewichtes und bleibt so lange offen, bis der wieder die erste Stellung einnimmt. Diese Anordnung er außerordentlich die Füllung des Kastens, denn wie das durch die erste Oeffnung eintritt, so entweicht die Luft d Bodenventil. Um aber das Wasser, das über dem geneigt des Kastens ausströmt und dadurch schon seitwärts gefü vollständig aufzufangen, so befindet sich unmittelbar neben etwas unter der ersten Trommel noch eine zweite, welche nebst den Kasten bis unter die Achse der ersten Trommel zu Auf solche Art wird es möglich, die Rinne hinreichend die Kette zu schieben, ohne dafs sie die Bewegung d hindert. Unten ist endlich noch eine dritte gleiche Tro gebracht, deren Achse aber nicht mit dem festen Rahmen ist, sondern die nur frei auf der Kette liegt, um die auf wärtsgehenden Kasten gehörig von einander entfernt Beim Bau des Canales St. Maur an der Marne oberhalb P diese Maschine von Emmery benutzt und über ihre Leist über die dazu erforderliche Betriebskraft eine Reihe von tungen angestellt. Es ergab sich, dafs ihr Nutzeffect u

grofs war, wie das Verhältnifs der ganzen Höhe, auf die d wirklich gehoben werden mufste, sich zu der nutzbaren verhält, und da die Differenz beider eine constante (welche durch die Art der Aufstellung bedingt wird, so er einen um so gröfsern Effect, je höher man mittelst diese das Wasser hebt. Die Einrichtung der hierbei benutzte giebt sich aus der Figur, es greifen nämlich durch jed zwei eiserne Achsen hindurch und diese sind mit denen de Kasten durch Kettenglieder verbunden. Die vortretend der Achsen legen sich aufserhalb der Kettenglieder in schnitte, die sich in den gufseisernen Scheiben der Tr finden.

Endlich hat man noch die Einrichtung getroffen, Eimer oder Kasten nicht an zwei Achsen der Kette, s an einer hängt, um welche er sich dreht. Sobald er bi gewissen Höhe gestiegen ist, wird er durch einen festen E Pflock gefafst, der bei der fortgesetzten Hebung ihm eine Stellung giebt, dafs er seinen Inhalt ausgiefst. Eine Anordn Art zeigt Fig. 245. Es tritt dabei noch der Vortheil ein

:, sobald er leer wird, eine geneigte Stellung einnimmt und
ch seine Anfüllung mit Wasser sich erleichtert.
)emnächst werden ähnliche Kasten oder Eimer auch an Räder
racht. Man nennt aldann letztere Schöpfräder. Dabei
n die Eimer zuweilen an horizontalen Achsen, um welche sie
rehn, wie Fig. 246 zeigt. Diese Anordnung ist so einfach,
ie keiner weitern Beschreibung bedarf. Gewöhnlich sind die
n mit dem Radkranze fest verbunden. Diese Zusammenstellung
man gewöhnlich ein chinesisches Rad.
ı der einfachsten Form trägt ein solches an seinem Umfange
eihe von kurzen Büchsen oder kleinen Tonnen (in China sind
nbusröhren), die an einer Seite geöffnet, an der andern ge-
sen sind. Sie werden so befestigt, dafs sie gegen die Ebene
ides schräge stehn, und ihre offenen Enden sich der Achse
nähern, als die geschlossenen. Man benutzt diese Räder viel-
amentlich zu Bewässerungen. Das grofse und in früherer Zeit
nte Rad, welches zur Versorgung der Stadt Bremen das
r aus der Weser schöpfte, war gleichfalls ein solches. Ge-
ch hängt man diese Räder in fliefsendes Wasser, und indem
sie unmittelbar mit Schaufeln versieht, so theilt ihnen der
die drehende Bewegung mit. Fig. 247 *a* und *b* zeigt dieses
ı seiner gewöhnlichen Zusammensetzung.
as in Fig. 248 *a* und *b* in der Seitenansicht und im Durch-
e dargestellte Rad ist wesentlich dasselbe, nur werden die
ischen Büchsen oder Eimer durch Kasten ersetzt, die viel
:e Wassermassen fördern. Perronet wandte zur Trockenlegung
ugrube der Brücke bei Neuilly ein solches Rad von 14 Fufs
nesser und 3½ Fufs Breite an. Das Wasser wurde damit
ı hoch gehoben und die Bewegung ging von einem Wasser-
ns, das in der Seine hing. Auch beim Bau des Hafens am
ıgazine zu Berlin wurde ein Rad dieser Art benutzt, welches
Menschen gedreht wurde.
. Unter denjenigen Schöpfmaschinen, welche in ge-
n beweglichen Canälen das Wasser heben, durch
veränderte Neigung dieses nach der Ausflufsmündung gelangt,
ıt zunächst der Wipptrog erwähnt zu werden, der entweder
ı oder doppelt ist. Fig. 249 stellt einen doppelten Wipptrog
rie er beim Bau der Brücke zu Orleans angewandt wurde.

a ist die Ansicht von der Seite und *b* von oben. Eine Rinne von 32 Fufs Länge, 1 Fufs Breite und 1 Fufs Höhe, deren beide Enden aufwärts gebogen sind, schwingt um eine horizontale Achse in der Mitte. Dieser Trog wird abwechselnd auf einer und der andern Seite ins Wasser herabgedrückt und es öffnen sich alsdann die beiden im Boden befindlichen Ventile, wodurch der Trog sich mit Wasser füllt. Wird er darauf in die entgegengesetzte Stellung gebracht, wobei das Wasser auf der andern Seite einfliefst, so wird die erste Wassermasse nach der Mitte der Rinne geschleudert, und hier hemmt eine feste Zwischenwand ihre fernere Bewegung und zwingt sie, seitwärts nach einer gemeinschaftlichen Rinne abzufliefsen. Ueber den Effect dieses Troges führt Perronet an, dafs an jeder Seite zehn Mann angestellt waren, die mittelst Leinen wie an einer Ramme zogen, sie machten in der Viertelstunde 150 Stöfse und hoben durchschnittlich jedesmal 4 Cubikfufs Wasser 3 Fufs hoch. Eine so langsame Bewegung war nothwendig, weil man nach jedem Stofse das vollständige Abfliefsen des Wassers abwarten mufste. Indem diese Maschine viel Raum einnahm, das Wasser in starke Bewegung versetzte und nur einen geringen Nutzeffect ergab, so wurde sie bald beseitigt, und dafür das Ausschöpfen mittelst Handeimern gewählt. Beim einfachen Wipptroge fliefst das Wasser über die Drehungsachse ab. Derselbe ist mehrfach bei Bauten versucht, doch dürfte er noch weniger, als der doppelte Trog zu empfehlen sein, da bei ihm das Gegengewicht ganz fehlt und durch unmittelbares Anheben ersetzt werden mufs.

Das Schneckenrad, welches schon von Vitruv beschrieben wird (tympanum), besteht wie Fig. 250 *a* im Durchschnitt zeigt, aus einer grofsen Anzahl langer, gekrümmter Zellen, die bei der Drehung des Rades durch Oeffnungen im Umfange desselben (Fig. 250 *b*) Wasser aufnehmen, und indem sie sich erheben, dieses bis in die Nähe der Achse fliefsen lassen, wo es durch eine weite Röhre seitwärts abfliefst. Es mufs bemerkt werden, dafs dieses Rad im Gegensatze zu den übrigen auf Taf. XVIII dargestellten Schöpfrädern in solcher Richtung gezeichnet ist, dafs sein Umfang an der rechten Seite ansteigt und an der linken niedersinkt. Mit dem Schneckenrade kann das Wasser nur zu einer Höhe gehoben werden, die bedeutend geringer als der Radius ist, dabei erfolgt, indessen kein überflüssig hohes Heben und die Bewegung ist sanft

Kraftverlust durch plötzliche Verminderung der Ge-
keit entsteht, und endlich findet dabei keine andre Reibung
ur die sehr mäfsige Achsen-Reibung. Beim Bau der Brücke
s wurde dieses Rad benutzt, es war 25 Fufs hoch, im
½ Fufs breit und wurde dadurch in Bewegung gesetzt, dafs
Seite des Schöpfrades ein Laufrad angebracht war, worin
ingen. Am vortheilhaftesten stellte sich die Wirkung des
aus, wenn es nur 6 bis 9 Zoll tief eintauchte, und seine
übertraf alsdann die von allen sonstigen Maschinen, welche
e gleiche Anzahl Arbeiter bewegt wurden. Sehr nach-
ır es, dafs man mit diesem Rade, das so vielen Raum
und so schwer zu versetzen war (es wog 7000 bis 8000
ch keine gröfsere Hubhöhe, als etwa von 8 Fufs erreichen

ächst gehört in diese Klasse der Schöpfmaschinen die
chnecke oder die Archimedische Schnecke. Die-
ährt beinahe alle Vortheile des Schneckenrades und hat
en Vorzug, dafs sie leicht aufzustellen ist und in einem
ten Raume Platz findet, auch dafs ihre Wirksamkeit durch
Eintauchen nicht beeinträchtigt wird und man sie also in
e Baugrube stellen und, ohne ihre Lage zu verändern, so
rauchen kann, als sie überhaupt noch Wasser schöpft.
reich ist die Schnecke die gewöhnlichste Schöpfmaschine
rwähnten Vortheile machen sie gewifs höchst empfehlens-
zu noch kommt, dafs sie bei der Abwesenheit aller Ven-
edes künstlichen Verschlusses auch durch trübes Wasser
eben so wenig leidet, wie das Schöpfrad. Fig. 251 zeigt
nung und Aufstellung der Schnecke. Sie hat im Durch-
bis 24 Zoll. Ihre Länge beträgt etwa 20 Fufs und sie
hnlich so gestellt, dafs sie 8 Fufs hoch das Wasser hebt.
lnen Gänge müssen ziemlich schmal sein, weil sie sich
t gehörig mit Wasser füllen, woher man gewöhnlich ein
oder auch wohl ein dreifaches Gewinde darstellt. Man
erdurch noch den Vortheil, dafs das Wasser gleichmäfsiger
als wenn nur ein einzelner Gang angebracht wäre. Die
t an beiden Seiten die äufsere Ansicht der Schnecke oder
tel. In der Mitte ist der Mantel entfernt gedacht, so dafs
aus Brettchen gebildeten Gänge sieht, und zum Theil

fehlen auch diese, so dafs die mittlere Welle hervortritt. Die Anzahl der Brettchen beträgt für jede Windung 20 bis 24, man pflegt sie häufig nur an der obern Seite abzuschmiegen und an der untern, wo sie weniger mit dem Wasser in Berührung sind, stufenartig vor einander vortreten zu lassen. Sie greifen mit Zapfen in die Nuthe der Welle ein, unter sich sind sie mit hölzernen Nägeln verbunden, die gleich beim Zusammensetzen eingelassen werden, und ihr äufsers Ende greift wieder in eine Nuthe, welche in die schmalen Bretter des Mantels eingeschnitten ist. Die Anfertigung der Schnecke erleichtert sich insofern, als alle Brettstückchen einander gleich sind und daher nach derselben Chablone geschnitten werden können. Die Zusammenfügung des Schraubenganges, so wie sein Anschlufs an die Welle und den Mantel erfordert grofse Sorgfalt, weil ein wasserdichter Schlufs wegen der langsamen Bewegung dringendes Erfordernifs ist. Hierzu dienen besonders die Zugbänder, die etwa in 4 Fufs Abstand um den Mantel gelegt sind. Im Hâvre sah ich eine Schnecke anfertigen, welche von der beschriebenen Construction insofern abwich, als die Gänge nicht in eine Nuthe des Mantels eingriffen, sondern nur stumpf dagegen stiefsen. Nachdem die Brettchen, welche die Schraubengänge darstellten, über getheerte Leinwand in die Fuge der Welle eingesetzt und scharf zusammengetrieben, auch in den Stofsfugen gedichtet waren, legte man die Schnecke in den Rahmen, worin sie später aufgestellt werden sollte, und indem man sie drehte, so arbeitete man nach einem Lineale den äufsern Rand der Gänge sehr genau cylindrisch ab. Alsdann wurden Latten von 3 Zoll Breite, welche den Mantel bilden sollten und die im Innern nach der passenden Form etwas hohl gehobelt waren, mit sehr weiten Fugen aufgelegt, durch Zugbänder fest zusammengetrieben und gegen die Schraubengänge gedrückt. Es blieben sonach nur die Zwischenräume in dem Mantel zu dichten, und dieses geschah durch das beim Schiffsbau übliche Breven, indem aufgelockertes Tauwerk mit passenden Eisen fest hineingetrieben und sodann heifses Pech darauf gegossen wurde. Diese Methode ist jedoch in Frankreich nicht allgemein üblich, vielmehr ist die zuerst erwähnte Verzapfung wohl am häufigsten im Gebrauche, auch läfst man zuweilen die Bretter, welche den Mantel bilden, durch Spundung in einander greifen.

Aus den Versuchen, die d'Aubuisson und Hachette anführen, ergiebt sich, dafs eine Schnecke am vortheilhaftesten wirkt, wenn sie unter 30 Graden gegen den Horizont geneigt ist, doch stellt man sie auch unter 45 Graden auf. Eben so hat man die passendste Neigung der Schraubengänge durch Versuche festzustellen sich bemüht, doch fielen diese nicht entscheidend aus. Jedenfalls mufs man aber dafür sorgen, dafs das Wasser nicht zurückfliefst. Nach den von Mallet angestellten Beobachtungen konnte mittelst einer Schnecke von dreifachen Gängen, die 19 Fufs lang war und 19 Zoll im Durchmesser hatte, durch 9 Arbeiter, die in der Minute 35 Umdrehungen machten, eine Wassermenge von 1358 Cubikfufs in der Stunde auf 10½ Fufs Höhe gehoben werden. Gewöhnlich rechnet man in Frankreich, dafs ein Arbeiter, der während des Tages 6 Stunden hindurch wirklich die Schnecke dreht, in der Stunde 485 Cubikfufs, 3 Fufs 2 Zoll, hoch hebt. Die Arbeit an der schrägen Kurbel ist aber sehr unvortheilhaft, und man mufs daher für eine zweckmäfsigere Anstellung der Leute sorgen.

In neuerer Zeit werden häufig Schnecken in viel gröfseren Dimensionen in Eisenblech ausgeführt und durch Dampfmaschinen bewegt, damit sie aber bei grofsen Längen nicht durchbiegen, so versieht man sie in der Mitte mit einem abgedrehten starken eisernen Ringe, der von zwei Rollen getragen wird.

Häufig tritt der Anwendung der Wasserschnecke das Vorurtheil entgegen, dafs man glaubt, sie höre auf zu wirken und könne kein Wasser heben, sobald ihre untere Mündung nicht zum Theil über der Oberfläche des Wassers liegt, so dafs jeder einzelne Gang abwechselnd Wasser und Luft schöpft. Wenn dieses richtig wäre, so würde man gezwungen sein, die Schnecke nach dem jedesmaligen Stande des Wassers in der Baugrube zu verstellen. Bei den Bauten an dem Ems-Canale bei Lingen hatte man, um dieser Bedingung zu genügen, ohne die Maschine verstellen zu dürfen, den Mantel der Schnecke vielfach durchbohrt, damit die Luft Zutritt erhalten sollte. Ein starker Wasserverlust war die natürliche Folge dieser Anordnung. Dafs die Vorsicht in Betreff der Zuleitung der Luft ganz überflüssig ist, ergiebt sich daraus, dafs man in Frankreich und ebenso in Holland und im südlichen Deutschlande, wo die Schnecke oft benutzt wird, hierauf gar keine Rücksicht nimmt und man sie beim jedesmaligen Beginne der Arbeit tief unter Wasser stellt. Jenes

Vorurtheil ist wahrscheinlich durch die Erscheinungen veranlaßt, die kleine Modelle zeigen, wobei der Schneckengang nur durch eine gewundene Glasröhre dargestellt ist. Wenn eine solche Röhre so enge ist, daſs Luft und Wasser sich nicht zugleich in demselben Querschnitte befinden können, so ist freilich das Schöpfen der Luft nothwendig. Sobald nämlich keine Luft in den obern Theilen der Windungen sich befindet, diese vielmehr ganz mit Wasser gefüllt sind, so wird bei jeder Erhöhung des Wasserspiegels in der Röhre der Inhalt derselben augenblicklich zurückfliefsen und sich mit dem äufsern Wasser ins Niveau setzen, weil die obern Theile aller Windungen als gefüllte Heber wirken. Ganz anders verhält sich aber die Wasserschnecke, die man wirklich anwendet. Denkt man eine solche Schnecke bis oben mit Wasser gefüllt, so wird freilich zunächst dieselbe Erscheinung, wie im gläsernen Modelle eintreten, daſs heifst, das Wasser wird zurückfliefsen, indem die einzelnen Gänge wieder vollständig gefüllte Heber sind. Sobald sich aber in dem obersten Gange der Wasserspiegel bis unter die Welle gesenkt hat, so tritt sogleich die Luft auch von oben ein und setzt den nächsten Heber, oder den obern Schenkel der folgenden Windung ausser Thätigkeit, indem sie ihn anfüllt. Dasselbe geschieht bei allen folgenden Windungen und sonach wird die Wirksamkeit aller Heber aufgehoben, und die Luft kann frei von oben herab bis zu derjenigen Windung des Schneckenganges treten, die zunächst über dem äussern Wasserspiegel sich befindet. Es stellt sich also jedesmal ganz von selbst eben der Erfolg dar, den man durch jene besondere Aufstellung der Wasserschnecke herbeiführen will.

D. Endlich können die Schöpfmaschinen auch eine solche Einrichtung haben, daſs das Wasser in gewissen festen Rinnen oder Röhren aufsteigt, indem darin Kolben angebracht sind, welche es aufwärts treiben. Die Kolben sind dabei entweder an Ketten ohne Ende befestigt und bewegen sich alsdann immer in derselben Richtung durch die ganze Röhre, oder sie werden abwechselnd auf und abgestofsen. In beiden Fällen veranlaſst der Druck der atmosphärischen Luft das Steigen des Wassers, weil sich sonst unter den Kolben luftleere Räume bilden würden. Bewegt sich der Kolben abwechselnd auf und ab, wie in einer Pumpe, so muſs er einen dichten Schluſs im Rohre bilden, wenn dagegen eine Kette ohne Ende hindurchgezogen ist, an der sich eine ganze Reihe von Kol-

, von der immer mehrere gleichzeitig in der Röhre sind
rchlaufen, so ist ein genauer Schluſs der Kolben gegen
and nicht mehr nothwendig, und die Reibung, die ein
ılassen würde, kann vermieden werden, so lange man
ıelle Bewegung der Kolben sorgt.

iesen Maschinen, bei welchen die Kolben an Ketten
efestigt sind, wird das geneigte Schaufelwerk am
nutzt. Eine Rinne, die im Lichten 1 bis 2 Fuſs breit
is 1 Fuſs hoch ist, wird aus Bohlen zusammengesetzt
Fugen gehörig gedichtet, so daſs sie die wasserdichte
den Förderkasten bildet. Man legt sie so, daſs ihr
in die Ausguſsrinne reicht und das untere Ende sich
Vasser befindet. Eine Kette ohne Ende, woran sich
der Schaufeln befinden, ist durch sie hindurchgezogen
ihr in einer zweiten Rinne, oder in dem Laufkasten,
kgeführt. Um diese Kette in Bewegung zu setzen,
:ugleich regelmäſsig in die Rinne einzuführen und hin-
, sind an beiden Enden Trommeln angebracht. Auf
eln legen sich die Kettengelenke gehörig schieſsend auf,
von der obern Trommel so sicher gefaſst, daſs die Be-
elben sich vollständig auf die Kette überträgt und ein
ht zu besorgen ist.

regung kann durch Menschen oder durch Wasserkraft
h ist die Anwendung eines Pferdegöpels hierbei nicht
, und namentlich wird das geneigte Schaufelwerk in
ıden, wo man es auf Baustellen vielfach sieht, gemein-
ferde getrieben. Auf den Fangedamm wird ein Göpel
vorzugsweise durch einen starken und gehörig verstreb-
alten wird. An dem Tummelbaume befindet sich unter
vorauf die Pferde gehn, ein Kammrad von 10 bis 16 Fuſs
, und dieses greift in einen Trilling, der an seinem an-
ie Trommel der Kette trägt. Diese Trommel hat wie-
alt eines Trillings, wobei die Stöcke jedoch aus Eisen
wöhnlich hat die Trommel acht Stöcke, und ihr Durch-
der Abstand der Stöcke von der Achse muſs so gewählt
eim Umlegen der Kette um dieselben sich wieder ein
Achteck darstellt. Wenn die Trommel nur vier Stöcke
t sich zwischen den beiden Kettengliedern, die mit ihren

Enden auf denselben Triebstock treffen, jedesmal ein rechter Winkel, und sonach zieht der Triebstock, indem er immer senkrecht gegen das vorhergehende Kettenglied drückt, sehr sicher die Kette herauf. Wird die Anzahl der Triebstöcke etwa fünf oder sechs, so findet dieses nicht mehr mit derselben Sicherheit statt, und man mufs alsdann für die gehörige Spannung der Kette sorgen, weil sie sonst abgleitet. Vergröfsert sich die Anzahl der Triebstöcke aber noch mehr und steigt sie auf acht, so läfst sich die Kette durch das bloſse Anlegen der Stöcke nicht mehr sicher fassen, man mufs also in diesem Falle noch einen besondern Eingriff bilden, und dieses geschieht am einfachsten, indem jedes Kettenglied dicht hinter seiner Achse mit einem Ansatze versehn wird, wogegen der Triebstock stöfst. Fig. 258 auf Taf. XIX zeigt bei *A* diese Ansätze. Die Bewegung der Kette ist in der Richtung von der linken Seite nach der rechten gedacht. Dafs man die Anzahl der Triebstöcke über vier vermehrt, geschieht aus verschiedenen Gründen. Fürs Erste ist bei vier Stöcken der Unterschied im Zuge sehr bedeutend, je nachdem die Kette auf eine Ecke trifft, oder eine Seite des Vierecks berührt. Durch Vergröfserung der Seitenanzahl der Trommel wird dieser Uebelstand, wenn auch nicht ganz beseitigt, doch sehr vermindert. Sodann lassen sich auch die Kettenglieder auf eine Trommel, die nur vier Stöcke hat, nicht gehörig auflegen, indem die daran befestigten Schaufeln schon gegen die Welle stofsen. Endlich aber ist es für die Zusammensetzung der Tröge und zur Darstellung der nöthigen Steifigkeit auch vortheilhaft, wenn der Förderkasten vom Laufkasten etwas entfernt wird, wozu wieder die Vermehrung der Triebstöcke dient. Am untern Ende der Kasten befindet sich eine zweite Trommel, die der obern gleich ist, und von der die Schaufeln in den Kasten eingeführt werden, ohne an die Seitenwände oder den Boden anzustofsen. Man erreicht dieses am leichtesten, wenn man den Boden sowohl des obern, als des untern Kasten möglichst weit unter diejenige Trommel hinführt, von welcher er die Kette aufnimmt. Die beiden Kasten sind unter sich durch übergelegte Rahmen oder Zwingen verbunden, die in Abständen von 4 bis 6 Fufs angebracht sind, an diese Zwingen sind auch die Wangenstücke befestigt, in welchen die Achsen der beiden Trommeln sich drehen, und gemeinhin ist noch die Vorrichtung angebracht, dafs die

nnen der untern Trommel sich weit herabschieben und festkeilen en, um die Ketten gehörig zu spannen.

Die Anordnung der Ketten ergiebt sich aus den Figuren. Zwei ten sind neben einander befindlich, deren Glieder durch gemeinftliche Achsen verbunden sind. Jedes Glied ist an dem einen le gabelförmig gespalten, und umfafst das Ende des nächsten edes. Die Glieder greifen durch die hölzernen Schaufeln, und en dieselben an der einen Seite durch Ansätze und an der an- n durch vorgesteckte Splinte. Gewöhnlich laufen die Schaufeln nittelbar über die Boden der Kasten, indem sie sich dabei aber rk abnutzen, so legt man zuweilen, wie auch in den Figuren an- eben ist, an beide Seiten jedes Kastens Eisenschienen, und ver- ht die Schaufeln mit entsprechenden flachen Einschnitten, die mit enblech verkleidet werden. Der freie Spielraum ringsum her trägt etwa 6 Linien. In Frankreich wird häufig statt zwei Ket- n nur eine benutzt, die aber so breit sein mufs, dafs sie sich noch gelmäfsig auf die Trommeln auflegt: dieselbe besteht alsdann aus olz.

Mehrfach sah ich in den Niederlanden diese Schaufelwerke so an- ordnet, dafs die Kette nur etwa die Hälfte der Geschwindigkeit er Pferde hatte. Wenn letztere nur im Schritt gingen, so beweg- n sich die Schaufeln nicht schnell genug, um das Zurückfliefsen es Wassers zu verhindern. Man trieb sie daher zu schnellem Trabe n, doch ermüdete sie dieses so sehr, dafs nach wenigen Minuten chon Pausen eintreten mufsten, die ungefähr doppelt so lang, als ie Arbeitszeiten waren.

Ueber die Neigung, welche man dem Schaufelwerke geben mufs, m den möglichst gröfsten Effect zu erreichen, sind die Ansichten emlich verschieden. In den Niederlanden werden sie gemeinhin nter einem Winkel von etwa 30 Graden gegen den Horizont auf- estellt.

Die Kettenpumpe oder das Paternosterwerk ist dem ge- eigten Schaufelwerke ähnlich, und unterscheidet sich dadurch von emselben, dafs es senkrecht steht. Seine gewöhnliche Anordnung t diese: ein hölzernes Pumpenrohr, dafs etwa 4 Zoll weit gebohrt t, bildet die Röhre, worin das Wasser gehoben wird, eine Kette t hindurchgezogen, die an der äufsern Seite desselben herabgeht,

und an ihr befinden sich die einzelnen Kolben oder Scheiben, die das Wasser heben. Die Kette erhält ihre Bewegung durch eine hölzerne Walze, in welcher sechs gabelförmige Arme angebracht sind. Obgleich die Maschine dieser Art sich oft recht günstig gezeigt hat, so findet sie dennoch nur selten Anwendung, weil die gewöhnliche Kette nicht sicher von den Gabeln gefafst wird. Bald greifen die Gabeln gar nicht ein, so dafs die Kette darüber gleitet und für eine kurze Zeit stehn bleibt, bald dagegen kommt eine Scheibe gerade auf eine Gabel zu liegen und verursacht eine solche Spannung der Kette, dafs man die Walze zurückdrehn und die Kette etwas verschieben mufs, der gewöhnlichste und zugleich auch der unangenehmste Fall ist aber, dafs die Kette sich fest klemmt und nicht von selbst aus der Gabel fällt. Alsdann mufs die Maschine angehalten und die Kette gewaltsam herausgerissen werden.

Das regelmäfsige Eingreifen der Kette in die Trommel läfst sich indessen ebenso leicht darstellen, wie bei dem geneigten Schaufelwerke und der Norie, man hat dieses auch mehrfach bereits versucht und namentlich ist es auf der englischen Marine geschehn, woselbst die Kettenpumpe die gewöhnliche Wasserhebungsmaschine geworden ist, sobald es darauf ankommt, grofse Wassermassen herauszuschaffen. Die Kette hat hier dieselben Ansätze, welche Fig. 258 *a* für das Schaufelwerk zeigt, doch kann man auch die Gabelwalze zu diesem Zwecke beibehalten. Ich will eine Anordnung dieser Art beschreiben, die ich bei zwei Pumpen gewählt habe, welche einen regelmäfsigen Betrieb zuliefsen und sehr günstige Resultate gaben. Diese Pumpen waren zum Heben gesunkener Seeschiffe bestimmt und sollten im Allgemeinen nach dem Muster derjenigen gebaut werden, welche mehrfach zu gleichem Zwecke in Neufahrwasser benutzt waren und sich daselbst sehr vortheilhaft gezeigt hatten. Die letzteren glichen dem Paternosterwerke, dessen sich Perronet bediente, und das Eytelwein in seiner praktischen Anweisung zur Wasserbaukunst beschrieben hat: ein Unterschied fand nur insofern statt, als das Rohr auf $7\frac{1}{2}$ Zoll Weite gebohrt war. Beim Gebrauche dieser Pumpe zeigten sich indessen die erwähnten vielfachen Unterbrechungen und eben deshalb gab ich der Kette eine andere Einrichtung. Fig. 259 *a* und *b* ist die Ansicht der ganzen Pumpe von der Seite und von vorn, und Fig. 260 *a*, *b* und *c* zeigt die gewählte Construction der Kette und der Gabeln.

i Betreff der Kette ist zu erwähnen, dafs die Schraubenbolzen,
: zwischen je zwei Gliedern die Verbindung darstellen, sich
lrehn dürfen, denn sobald dieses geschieht, so lösen sich leicht
uttern und alsdann stürzt die Kette herab. Man vermeidet
dadurch, dafs man in dem gabelförmigen Ende jedes Gliedes
dem Kopfe des Bolzens das Loch nicht rund, sondern viereckig
und dem Bolzen selbst an dieser Stelle einen quadratischen Quer-
t giebt. Den Gabeln darf die Abrundung am Ende nicht fehlen,
onst das breite Ende des vorhergehenden Gliedes, womit die Kette
uf die Gabel stützt, sich nicht lösen würde. Die vordere Seite
Gabel *D* mufs so gekrümmt sein, dafs sie einen Kreisbogen
, dessen Mittelpunkt in die Drehungs-Achse des nächst folgen-
Kettengliedes *B* fällt. Dafs alle einzelnen Kettenglieder und
n nach gehörigen Chablonen angefertigt werden müssen, ver-
sich von selbst, aber eine besondre Schwierigkeit verursacht
die Befestigung der Gabeln. Der Versuch, dieselben in recht
ltig vorgebohrte Löcher einzutreiben, mifsrieth, und ich wählte
das in derselben Figur darstellte Verfahren. Die eichene Walze,
Fufs stark und eben so breit war und welche schon vorher
eiserne Ringe auf beiden Seiten erhalten hatte, wurde in ihrer
in drei Richtungen durchbohrt, und diese Bohrlöcher durch
mmen in viereckige, $1\frac{1}{2}$ Zoll breite und 2 Zoll lange regel-
durchgreifende Oeffnungen verwandelt. Jede Gabel hatte un-
i Auge, in welches die eiserne Achse pafste, die Enden der
, worin sich diese Augen befanden, waren aber angemessen
ft, wie Fig. 260 *c* zeigt, wodurch es möglich wurde, die Mit-
n der sämmtlichen Gabeln in dieselbe Ebene zu bringen. Das
en der Gabeln erfolgte in der Art, dafs sie der Reihe nach
Walze gestellt, und demnächst die Achse durch die Augen
hgesteckt wurde. Die Achse war an einer Seite vierkantig
hmiedet, und sobald sie recht fest in die Walze eingetrieben
so steckten die sämmtlichen Gabeln zwar nur lose darauf und
onnte sie beliebig nach vorn und nach der Seite bewegen, aber
ntfernung von der Achse war bereits vollständig gesichert.
f liefs ich letztere auf Pfannenlager legen, so dafs sie gedreht
i konnte, und unter fortwährendem Nachmessen der Entfernun-
ischen den einzelnen Gabeln und unter beständiger Prüfung, ob
schnitte in allen Gabeln auch in dieselbe Ebene fielen, wur-

den Keile von Buchenholz in die Oeffnungen der Walze eing
worüber endlich noch starke Bleche genagelt wurden. A
Art gelang es, die Gabeln genau einzustellen. Sie sind in
1 Zoll breit und ebenso stark. Die Kettenglieder sind
zu Mitte des Bolzenloches 1 Fuſs lang, wurden aber in d
ziehung noch besonders sorgfältig geprüft und zwar mit
eisernen Lineales, worin zwei Bolzen fest eingeniethet w
jenigen Glieder, welche keine Scheiben tragen, sind in
½ Zoll breit und stark, sie haben an einem Ende ein
andern zwei kreisförmige Lappen von 1½ Zoll Durch
einzelne Lappen ist ⅜ Zoll stark, jeder von den doppel
Die Bolzen halten aber ½ Zoll im Durchmesser. An
Glied ist eine Scheibe angebracht. Ein solches Glie
und mit einem Ansatze versehn, an letzteren lehnt
eine eiserne Scheibe, auf diese folgt eine mit eisernen
schlagene hölzerne Scheibe und dann das ¼zöllige Le
wieder eine hölzerne und eine eiserne Scheibe liegen.
getriebenes Splint verbindet Alles fest mit einander.
Ende der Pumpe läuft die Kette über keine zweite W
ist nur ein starker, gehörig abgerundeter Klotz angeb
sicher und ohne daſs sie gegen die Ecken stöſst,
zu leiten.

Die Lederscheiben hatten Anfangs denselben Dur
die Röhre, doch zeigte es sich, daſs die Reibung also
wurde. Ich lieſs daher die Scheiben ringsum einen h
schneiden, so daſs sie nunmehr einen Spielraum von
Zolle hatten. Der Erfolg entsprach ganz der bereits e
scheinung, daſs sich nämlich kein Wasserverlust zeigt
Geschwindigkeit nur hinreichend groſs war. Ein meh
holter Versuch ergab, daſs bei einer Geschwindigkeit
4½ Fuſs in der Secunde die geförderte Wassermeng
einem Wassercylinder entsprach, der 4½ Fuſs hoch
Weite des Bohrloches zum Durchmesser hatte, die
bei der einen Pumpe 8 und bei der andern 9 Zoll.
ergoſs sich dabei so stark, daſs es über die 1 Fuſs h
aufgesetzten Rinne herüberfloſs. Die Bewegung erhielt
durch zwei Kurbeln, woran 4 Mann arbeiteten, auf
an jede Kurbel zwei Zugstangen angebracht, woran 16

Minuten mufste jedoch eine Ablösung erfolgen und man
, um die Maschine einige Stunden hindurch im Gange zu
60 Mann: in der Secunde wurden nahe 2 Cubikfufs 10 Fufs
ioben. Bei Anwendung dieser Pumpe zum Heben eines
ast beladenen Schiffes wurde eine Menge Sand und sogar
ies mit herausgeworfen, ohne dafs der Gang der Maschine
beeinträchtigt wäre.
se sehr grofse Anstrengung, welche in der kürzesten Zeit
ſte der Arbeiter erschöpfte, entsprach gewifs nicht den Be-
n eines geregelten Maschinen-Betriebes, die Aufgabe, um
ösung es sich hier handelte, war indessen eine ganz unge-
ie. Die Wasserwältigung durfte nur eine oder zwei Stunden
fortgesetzt werden, nämlich nur so lange, bis das Schiff
mm und in den Hafen vor die Baustelle gebracht werden
während dieser Zeit mufste die Maschine aber soviel Wasser
, als durch den Leck zufloſs. Es kam daher darauf an,
glichst grofse Anzahl von Menschenkräften gleichzeitig auf
hine wirken zu lassen, um den Effect so zu steigern, dafs
ff unerachtet der dauernden Zuströmung durch den Leck
vimmend erhielt. Gelang dieses nicht, so war das Pumpen
ecklos. Bald nach Ausführung dieser Maschinen wurden
iffe damit gehoben und in den Hafen gebracht.
dürfte hier die passendste Stelle sein, derjenigen Wasser-
Maschine zu erwähnen, welche in neuster Zeit vielfach und
nit dem besten Erfolge zur Trockenlegung von Baugruben
det ist. Dieses ist die Kreiselpumpe. Für gröfsere,
kleinere Steigehöhen eignet sie sich, sie nimmt wenig Raum
Reibung ist in ihr sehr unbedeutend, da nur eine Achse
wird, vorzugsweise aber empfiehlt sie sich für diesen Zweck,
ein Ventil und kein Kolben darin vorkommt, also beim
on unreinem Wasser sie nicht leidet, noch ihren Dienst
Sie wirft mit dem Wasser nicht nur den eintretenden Sand,
selbst Kies bis zu 1 Zoll Gröfse auf, ohne dafs ihre Wirk-
dadurch beeinträchtigt wird. Eine nähere Beschreibung und
g derselben gehört aber nicht hierher, da ihre Anfertigung
iner Maschinenbau-Anstalt erfolgen kann.*)

ne detaillirte Beschreibung der Einrichtung und Wirksamkeit einer
npe befindet sich in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen. 1855. S. 107.

Endlich sind noch diejenigen Schöpfmaschinen zu er
wobei der Kolben in einer Röhre abwechselnd sich a
abbewegt, also die Pumpen. Ich übergehe ihre Besch
da sie genugsam bekannt sind, und bemerke nur, daſs sie
die Trockenlegung einer Baugrube wegen ihrer mäſsigen Ansch
kosten, sowie wegen des geringen Raumes, dessen sie
stellung bedürfen, sehr wohl eignen. Auch erlauben sie,
gufsöffnung beliebig hoch anzubringen, und man kann sie,
nöthig sein sollte, in jeder beliebigen Neigung aufstellen.
ist die Abwechselung der Bewegung, die bei jedem Zug
mit einigem Kraftverluste verbunden und veranlaſst gewöh
starken Wasserverlust, besonders wenn die Kolben und d
nicht dicht sind. Endlich aber werden die Pumpen bei
Wasser, und besonders wenn dasselbe Sand enthält, bal
bedürfen daher häufiger Reparaturen. Will man höhere
gröſsere Dimensionen geben, so setzt man sie aus vier
sammen, dieses sind die Bohlen-Pumpen. Statt der
Pumpen finden jedoch die gufseisernen auf den Bauste
mehr Anwendung, da sie für sehr mäſsige Preise leicht
sind. Gewöhnlich bestehn sie aus zwei Stiefeln, der
durch einen gemeinschaftlichen Schwengel bewegt werd

Man hat sich mehrfach bemüht, die Ausgufsröhre
mit einem Heber zu verbinden, damit das Wasser n
Niveau des äufsern Bassins und nicht bis zur Krone
dammes gehoben zu werden braucht. Bei den gewöhnlich
pumpen ist dieses aber nicht zu erreichen, wenn man
das Wasser in besondere Gefäſse pumpen und es aus die
bern über den Fangedamm leiten will, dagegen läſst sic
gabe bei Druckpumpen leicht lösen, indem die Ausgu
den Damm fort, bis unter den Spiegel des äufsern Wa
geführt wird.

§. 46.
Hydraulischer Mörtel.*)

ılisch nennt man solchen Mörtel, der die Eigenschaft r Wasser zu erhärten. Verschiedene mineralische bei richtiger Behandlung schon an sich einen Mörtel ewöhnlich stellt man ihn aber durch Vermengung ver- ıbstanzen dar. Das letzte Verfahren ist in neuster Zeit rch sorgfältige chemische Analysen so sehr verbessert rt worden, dafs man fast überall das zur Bereitung ɔrderliche Material findet.

ɜmeinen hängt die Festigkeit jedes Mörtels zum Theil afs der Kalkbrei in recht vielfache Berührung mit ten Sande kommt. Der reine Kalk bildet, wenn er gelöscht ist, an sich keine feste Masse, denn wie er ɜh das Wasser an die Luft absetzt, so zerbröckelt er, und Spalten sich darin bilden, und die kleinen aus- Stückchen, in welche der Kalkbrei endlich zerfällt, sind ɜs sie sich zwischen den Fingern zerreiben lassen. Auf echt glatter Oberfläche haftet der Kalk und der Kalk- enig, deshalb geben polirte Steine und solche, welche ɜligen Bruch und eine glänzende Oberfläche zeigen, auerwerk, wohl aber läfst sich ein solches durch rauhe veise durch poröse Steine darstellen, bei denen die che eine viel gröfsere Ausdehnung gewinnt. So fand fs derselbe Mörtel mit einer doppelt so grofsen Kraft ɜsen Mühlsteine, der an der Marne bricht, haftet, als ɔliffenem Kalkstein.

lben Art, wie der Mörtel an den Mauersteinen haftet, ɜh wieder in dem Mörtel der Kalk an den einzelnen

ıarbeitung dieses und der beiden folgenden Paragraphen bin unterstützt worden durch meinen Sohn, den Bauinspector Lud- bei Ausführung des Saar- und des Ihle-Canales sowohl Trafs, ɜielfach verwendet, auch bedeutende Béton-Fundirungen aus-

Sandkörnchen. Auch hier ist die Verbindung am innigsten, wenn die Kalkmasse möglichst dünne Lagen bildet und die Sandkörnchen recht vielfach berührt. Hierdurch erklärt es sich, dafs der scharfe Sand einen bessern Mörtel giebt, als der matte, bei dem die Ecken abgeschliffen sind, und wenn man den Sand aus einem Material darstellt, das auch bei einer feinen Zertheilung noch die scharfen Kanten und die rauhe Oberfläche behält, so erhärtet der Mörtel um so schneller und bindet um so fester, je weiter die Zerkleinerung getrieben war. Weiche Steine, wie etwa Thonschiefer, geben dagegen, wenn sie zerschlagen werden, keinen scharfen Sand, und sind zur Mörtelbereitung nicht geeignet.

Auf dieser Berührung in möglichst ausgedehnten Oberflächen beruht vorzugsweise die Festigkeit des gewöhnlichen, aus fettem Kalke und reinem Quarzsande bereiteten Mörtels. Der Kalkbrei erhärtet, indem er Kohlensäure aus der Luft anzieht, und sich wieder in kohlensauren Kalk verwandelt, während er fein zertheilt zwischen allen Sandkörnchen eine genau schliefsende, feste Zwischenlage bildet. Dieser Mörtel verwandelt sich auf diese Art in eine zusammenhängende und feste Masse, ohne dafs eine chemische Verbindung zwischen dem Kalk und dem Sande vorausgesetzt werden darf. Der Zusammenhang zwischen beiden scheint vielmehr nur mechanisch zu sein und allein von der vollständigen Umschliefsung der Sandkörnchen herzurühren. Die Bildung des kohlensauren Kalkes erfolgt indessen sehr langsam und nur wenn die Luft Zutritt hat. Ein hydraulischer Mörtel, der schnell und selbst unter Wasser erhärtet, kann daher auf diesem Wege nicht dargestellt werden.

Das Erhärten des hydraulischen Mörtels wird dagegen durch eine chemische Verbindung veranlafst, die selbst unter Wasser zwischen dem im Mörtel befindlichen kaustischen Kalk und der beim Brennen aufgeschlossenen Kieselsäure und Thonerde sich bildet, wodurch die im Wasser unlösliche Verbindung von kieselsaurer Kalkerde und Kalkthonerde entsteht. Ein Ziegel, der mit dünnflüssigem Kalkbrei begossen wird, färbt sich nicht nur weifs, sondern diese Färbung läfst sich auch durch blofses Waschen mit Wasser nicht beseitigen. Anders verhält es sich mit andern Bausteinen, z. B. mit einem Stücke Granit, das in gleicher Weise mit Kalk bedeckt, sehr leicht vollständig gereinigt werden kann. Hiermit hängt eine andre Erscheinung zusammen, die wesentlich zur Aufklärung dieser

beigetragen hat. Wenn man nämlich feinen Thon, der
von 300 bis 400 Graden getrocknet war, mit Kalkmilch
so zieht derselbe aus der Milch den Kalk so rein aus,
ückbleibende Flüssigkeit selbst auf geröthetes Lackmus-
e Wirkung äufsert. Hieraus giebt sich augenscheinlich
ie Verwandschaft des Thones und Kalkes zu erkennen,
zwischen reinem Quarzsande und Kalk nicht besteht. *)
idet in der Natur verschiedene Gemenge von kohlen-
c und Thon, die sehr brauchbare hydraulische Mörtel
on der gewöhnliche Mergelkalk gehört hierher, doch tritt
nn sein Thongehalt nur 10 bis 12 Procent beträgt, erst
·en Wochen die Erhärtung ein. In den Juraformationen
gegen vielfach Ablagerungen vor, worin der Thongehalt
Procent beträgt. Diese geben einen sehr brauchbaren
schon in wenig Stunden erhärtet.

er gewöhnliche fette Kalk läfst sich zur Darstellung ei-
schen Mörtels benutzen, wenn man ihm künstlich solche
eile beimengt, mit denen er die erwähnten wasserbe-
emischen Verbindungen eingeht. Schon durch den Zu-
egelmehl nimmt der Mörtel unverkennbar hydraulische
n an, wenn dieses Mehl aus hart gebrannten Steinen
nd möglichst fein gemahlen ist. Durch den Zusatz ge-
canischer Producte statt des Ziegelmehls wird der
in viel höherem Grade hydraulisch.

n Puzzolanen war diese Eigenschaft schon im Alter-
ıt. Vitruv sagt **), dafs man zu Wasserbauten einen Mör-
en müsse, der aus einem Theile Kalk und zwei Thei-
ı-Pulver besteht, welches letztere in der Gegend von
um Vorgebirge der Minerva, also am Fufse des Vesuvs
üste des Golfs von Neapel gewonnen wird.

ntorin-Erde gehört auch hierher, doch haben die bei
ıngestellten Versuche nicht günstige Resultate ergeben,

*) ingehend ist dieser Gegenstand behandelt in dem vor Kurzem
Werke von W. Michaelis, betitelt: die hydraulischen Mörtel, ins-
Portland-Cement. Leipzig 1869.

**) *chitectura Liber V. Cap. XII.* — Auch *liber II. Cap. VI.* ist von *teolanus* die Rede, das in der Nähe des Vesuvs gefunden wird.

während die in Triest damit ausgeführten Mauern hinreichende Härte annahmen. *) Jedenfalls ist diese Erde sehr unrein, und steht dem im westlichen Deutschland und in den Niederlanden bei Wasserbauten vorzugsweise benutzten Trafs bedeutend nach.

Letzterer wird aus dem Tuffstein dargestellt, der im östlichen Abhange der Eifel vielfach vorkommt. Namentlich gewinnt man ihn seit langer Zeit im Brohl-Thale ohnfern Andernach, auch bei Plaidt wird er gebrochen und in neuerer Zeit werden mächtige Lager desselben bei Winningen ausgebeutet. Unter der Benennung Trafs versteht man das Pulver, in welches durch Mahlen oder Stampfen der Tuff verwandelt ist.

Das Brohl-Thal ist im Thonschiefer eingeschnitten und grofsentheils mit Tuff gefüllt, so dafs derselbe bis unter die Sohle des jetzigen Bachbettes herabreicht. Interessant ist es, dafs man die Ablagerungen vorzugsweise in den zurückspringenden Erweiterungen des Thales, also gerade da antrifft, wo ein starker Strom am meisten zu Versandungen geneigt sein würde. Hiernach ist es nicht unwahrscheinlich, dafs der Trafs durch das Wasser als Schlamm herbeigeführt und abgesetzt wurde, und dafs er demnächst erhärtete. Der Grad seiner Festigkeit und Härte ist sehr verschieden. Die untern Lagen, die man in früherer Zeit häufig als Bausteine verwendete, haben die Härte eines weichen Sandsteines. Sie werden mit Pulver gesprengt, und wenn sie lange der Luft ausgesetzt gewesen sind und die Bergfeuchtigkeit vollständig verloren haben, so lassen sie sich zwar immer noch leicht bearbeiten, zeigen aber schon eine grofse Festigkeit und Tragfähigkeit. Viel weicher sind die obern Lagen, die man auch gegenwärtig noch als Bausteine zum Ausmauern von Fachwänden benutzt. Endlich kommt der Trafs noch in ganz losen Massen in der Form von grobem Sande vor. Zur Darstellung des Mörtels ist der untere feste Stein im Allgemeinen am meisten geeignet, den man daher ächten Trafs nennt. Er wird gegenwärtig nur zur Mörtelbereitung benutzt, denn sein Werth hat sich in der letzten Zeit so hoch gestellt, dafs er als Baustein zu theuer sein würde, es geschieht sogar, dafs man alte Gebäude, die aus Tuff er-

*) Zeitschrift für Bauwesen 1851. S. 293. — Einige Notizen über das Vorkommen der Santorin-Erde sind noch im dritten Theile dieses Werkes §. 61. mitgetheilt.

t sind, nur in der Absicht abbricht, um die Steine zur Mörtel-ikation zu benutzen. Die weicheren Sorten und den darauf lie-den Sand nennt man wilden Trafs oder Berg-Trafs. Man ntzt denselben gleichfalls zur Mörtel-Bereitung, doch giebt er ei-weniger hydraulischen Mörtel, der nur langsam erhärtet.

Der Trafs enthält viele fremdartige Körper und vorzugsweise et man Thonschieferstücke und Bimsstein darin eingesprengt, auch etabilische Stoffe und namentlich Holzkohlen kommen vielfach hm vor. Die Farbe des Trasses variirt vom Grauen ins Braune geht oft in ein helles Blau über. Letzteres jedoch nur, wenn Stücke ausgetrocknet sind.

Will man die Güte des Trasses nach seinen äufsern Kenn-chen beurtheilen, so kann dieses mit einiger Sicherheit nur ge-chn, wenn er noch nicht pulverisirt ist. Er mufs möglichst fest l hart sein, so dafs die scharfen Ecken sich nicht leicht abbre-n und noch weniger kleine Stücke sich zwischen den Fingern zer-ben lassen. Besonders mufs der Trafs sich scharf anfühlen, und em die Beimengungen von Thonschiefer und Bimsstein dem Mörtel ine Bindekraft ertheilen, sondern ihn nur verunreinigen, so ist ch derjenige Trafs vorzuziehn, der am reinsten ist. Gewöhnlich chtet man den grauen Trafs höher als den braunen und giebt dem chtblauen vor allen den Vorzug, doch ist dieses Kennzeichen allein cht entscheidend. Wenn der Trafs pulverisirt ist, so pflegt man seine üte nach dem Niederschlage zu beurtheilen, der sich bildet, sobald an ihn in Wasser geschüttet und dieses umgerührt hat. Am besten t der Trafs, wenn der Niederschlag bald und zwar vollständig er-lgt, und keine verschiedene Schichten sich darin zu erkennen ge-n. Die lange anhaltende Trübung des Wassers zeigt gewöhnlich nen starken Thongehalt an, der oft von dem Thonschiefer herrührt. och ist diese Probe weniger sicher, indem der wilde Trafs, wenn r sonst rein ist, sich hierdurch von dem ächten kaum unterschei-en läfst.

Die vorstehend erwähnten Kennzeichen sind zum Theil bei dem Vinninger Tuffstein nicht entscheidend. Derselbe hat eine braun-raue Farbe, ist weniger fest, sogar leicht zerreiblich, auch fehlen am die Poren, dagegen hat er ein bedeutend höheres specifisches ewicht, als der Brohler Stein. Er zieht die Feuchtigkeit aus der

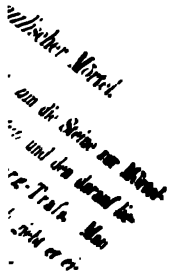
Luft stark an, so dafs er bei feuchter Witterung kaum gemahlen werden kann.

Am sichersten ist es, durch directe Versuche sich von der Bindekraft des Trasses zu überzeugen. In den Niederlanden ist es üblich, aus hart gebrannten Klinkern einen Kasten von 1 Fufs Weite und Höhe mit dem zu prüfenden Trafsmörtel aufzumauern. Der Boden, wie die Wände dieses Kastens haben nur die Dicke des Steines zur Stärke. Nach 24 Stunden füllt man den Kasten mit Wasser und der Trafs wird nur als gut angesehn, wenn kein Durchsickern bemerbar ist.

Zweckmäfsiger ist das von Vicat angegebene Verfahren, welches auf unsern gröfseren Baustellen auch allgemein üblich ist und verschiedene Trasse oder Cemente in Bezug auf ihre hydraulischen Eigenschaften sehr sicher vergleichen läfst. Man bildet nämlich unter Zufügung der sonstigen Beimengungen einen steifen Mörtel, füllt damit ein gewöhnliches Trinkglas etwa bis zur halben Höhe an, und gieſst sogleich Wasser darüber. An jedes dieser Probegläser wird ein Zettel geklebt, auf den sowohl der Name des Lieferanten, wie auch die sonst nöthige Bezeichnung des Materials und das Mischungs-Verhältnifs aufgeschrieben und Tag und Stunde der Mörtelbereitung hinzugefügt wird. Zur Untersuchung der Härte, die nach verschiedenen Zwischenzeiten jede Probe annimmt, dient ein kleines dreibeiniges Gestell, unter welchem das Glas Platz findet. Dieses Gestell ist im Abstande von etwa 6 Zoll über einander mit zwei durchlochten Blechscheiben versehn, welche einen etwa 1 Linie starken und unten zugeschärften Drathstift führen, so dafs derselbe lothrecht herabsinken kann. An ihm ist ein durchbohrtes Gewicht von 1 Pfund angelöthet. Indem man den Stift sanft auf den Mörtel-Klumpen stellt, beobachtet man, wie schnell und bis zu welcher Tiefe er eindringt. Diese Probe wird bis zur völligen Erhärtung täglich wiederholt, und das jedesmalige Resultat in ein Register eingetragen.

Durch diese Prüfungen gewinnt man nicht nur ein sicheres Urtheil über jede einzelne Lieferung, sondern man kann dadurch auch leicht das passendste Mischungs-Verhältnifs zum Kalke, den man benutzen will, oder zu den andern beizumengenden Materialien ermitteln.

Der feste Tuffstein wird in gröfseren Stücken von etwa ein Viertel Cubikfufs Inhalt gebrochen, und nachdem er etwas getrocknet



...m Zwecke zerschlägt man ihn zunächst
... Zoll Durchmesser, und beseitigt die
...h ziemlich leicht trennen lassen.
...le am häufigsten Stampf-
...entner schwer und mit gufs-
...e Gestalt einer Halbkugel haben,
...en und ihre Hubhöhe beträgt etwa
...u sich gufseiserne Tröge, die in starke
...n der vordern Seite, einige Zolle über dem
...alen Oeffnung versehn sind. Durch diese Oeff-
...rend der Bewegung der Stampfen kleine Trafs-
...er Trafs heraus und Beides fällt auf geneigte Drath-
durch das Mühlwerk geschwungen werden. Der feine
...lt durch die Siebe in die darunter gestellten Kasten, wäh-
... gröberen Körner und gröfsern Stücke in einem andern Kasten
... Siebe sich ansammeln, und von hier in die Tröge zurück-
...n werden, wobei man jedoch die gröbern Thonschieferstücke
beseitigt.

...lfach erfolgt das Pulverisiren des Tuffsteines auch durch
und zwar entweder in Mühlen, die wie gewöhnliche Mahl-
...n mit Läufern und Bodensteinen versehn sind, oder in so-
...en Kuller-Gängen. Im ersten Falle müssen die Mühlsteine
sonders hart sein, weil sie sonst von dem scharfen Trafs in
Zeit abgenutzt werden. Man wendet allein die Mühlsteine
...edermendig zu diesem Zwecke an, und es ist nöthig, selbst
...iesen die härtesten auszusuchen. Der Läufer wird in seiner
Fläche concav bearbeitet, so dafs er in der Nähe des Auges
Zoll vom Bodensteine absteht. Diese Anordnung ist noth-
weil sonst die Trafsstücke nicht zwischen die Steine treten
Auf die Form der Hauschläge scheint es wenig anzukom-
...agegen darf kein festes Gestein von einiger Gröfse mit her-
...irt werden, denn sobald dieses sich von dem Auge entfernt
... Rande der Mühlsteine sich nähert, woselbst diese sich berüh-
drängt es sie mit Heftigkeit auseinander und wirft sogar zu-
...len Läufer herab. Es ist daher bei diesem Verfahren beson-
...thig, den Trafs, während man ihn in kleinere Stücke von
...s 2 Zoll Durchmesser zerschlägt, zugleich von allen fremden
...ben, die darin eingesprengt sind, sorgfältig zu reinigen.

Der Kullergang besteht aus einem horizontalen Flur von etwa 6 Fufs Durchmesser, auf dem zwei verticale Steine von 4 Fufs Durchmesser umlaufen. Bei der einfachsten Einrichtung ist der Flur aus harten Werksteinen gemauert, und in seiner Mitte befindet sich die Spurpfanne einer stehenden Welle. Letztere wird gewöhnlich mittelst conischer Räder durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt, und an ihr befindet sich ein hölzernes Geschlinge, von welchem an jeder Seite zwei Arme bis unter die Achsen der Kullersteine herabreichen. In diesen befinden sich die Führungs-Schlitze von $2\frac{1}{2}$ Zoll Weite, worin die 2 Zoll starken eisernen Achsen liegen. Bei solcher Befestigungs-Art können die Kullersteine, sobald sie auf grofse und harte Stücke treffen, die sie nicht sogleich zerdrücken, sich heben und darüber fortgehn.

An das Geschlinge sind aufserdem mittelst Ketten zwei horizontale Rechen gehängt, die unten gekrümmte Messer tragen, welche über den Boden gleiten. Unter dem einen sind die Messer so gestellt, dafs sie die frisch aufgegebenen Tuffsteine von beiden Seiten unter die Kullersteine schieben, unter dem andern greifen sie dagegen tiefer herab und schieben alles Material von der Achse unter die Steine und nach dem Rande des Flurs.

Die Tuffsteine werden, nachdem sie in kleine Stücke zerschlagen sind, hinter den zuletzt erwähnten Rechen aufgeworfen. Der nächste Kullerstein trifft sie schon zum Theil, dem zweiten werden sie aber durch den folgenden Rechen noch vollständiger zugeführt. Der Flur ist mit einem 6 bis 8 Zoll hohen Rande von starkem Eisenblech umgeben, und in diesem befindet sich eine Oeffnung durch welche das dagegen gestrichene Material herausfällt. Ein Arbeiter wirft dieses gegen schräge gestellte Siebe, und schaufelt das gröbere Material, welches sich davor anhäuft, wieder unter die Steine zurück. Die Achse macht in der Minute 10 bis 15 Umdrehungen.

Eine Maschine dieser Art läfst sich ohne grofse Kosten einrichten und eignet sich daher vorzugsweise für Baustellen, auf denen nur eine beschränkte Quantität Tuffsteine verbraucht und gemahlen werden soll. Bei andauerndem und starkem Betriebe wendet man zum Zerkleinen des Tuffsteins zunächst eine Quetschmaschine an. Dieselbe besteht in einem $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fufs langen gufseisernen Quetschkasten, der etwa 18 Zoll hoch, oben 16 Zoll und unten 9 Zoll im Lichten weit ist. In demselben liegt die gufseiserne Walze von 8 Zoll

Durchmesser, die mit gekreuzten Reifelungen von etwa 2 Zoll Höhe versehn ist. Dieselbe macht in der Minute 35 Umdrehungen.

Die hierin gebrochenen Tuff-Stücke werden nach der Mühle gefördert, diese unterscheidet sich aber bei ausgedehntem Betriebe von der so eben beschriebenen dadurch, dafs nicht das Geschlinge mit den Kullersteinen, sondern der 2 Zoll starke gufseiserne Teller, der den Flur oder Boden bildet, durch die Maschine gedreht wird. Die Lager für die Achsen der Kullersteine befinden sich alsdann an horizontalen eisernen Armen, welche auswärts durch Charniere befestigt sind, so dafs die Kullersteine sich einige Zolle hoch heben und senken können. Statt der letzteren benutzt man dabei auch häufig 14 bis 16 Zoll breite gufseiserne Räder, deren innerer Raum zur Vergröfserung des Gewichtes mit Ziegelsteinen in Cement-Mörtel ausgemauert ist.

Der gemahlne Trafs wird bei ausgedehntem Betriebe, wie in Amerikanischen Mahlmühlen das Mehl, in prismatische Siebe geführt. Dieselben sind 6 Fufs lang, halten etwa 4 Fufs im Durchmesser, doch pflegt ihr Querschnitt nicht einen Kreis, sondern ein regelmässiges Sechseck zu bilden. Sie machen in der Minute etwa 30 Umgänge, und die Drathgewebe, mit denen sie überspannt sind, haben auf die Länge eines Zolles 20 bis 25 Maschen.

Man rechnet auf eine Quetschmaschine vier Kullergänge und zwei cylindrische Siebe. Eine Dampfmaschine von 18 Pferdekräften genügt, um diese sieben Maschinen in dauerndem Betriebe zu erhalten.

Obwohl in gehörig eingerichteten Fabriken die Kosten für das Mahlen den Preis gegen den rohen Tuffstein nur unbedeutend erhöhen, so pflegt man doch bei gröfserem Bedarf den Stein in Stücken anzukaufen und das Mahlen auf der Baustelle selbst zu besorgen, weil man alsdann die Güte des Materials besser beurtheilen, und vor Fälschung durch schlechte Steine und durch wilden Trafs sich mehr sichern kann.

Zum reinen Trafsmörtel, der keinen Zusatz an Sand erhält, nimmt man auf 1 Cubikfufs Kalkbrei ungefähr 2 Cubikfufs pulverisirten Trafs, doch darf dieses Verhältnifs nicht als allgemein gültig angesehn werden, da der Kalk keineswegs immer von derselben Beschaffenheit ist. Man mufs daher durch die oben beschriebene Probe das passendste Mischungs-Verhältnifs jedesmal feststellen.

Wenn ein sehr schnelles Erhärten des Mörtels unter Wasser nicht nothwendig ist, so setzt man dem Mörtel auch Sand zu. Bei Mauerwerk, das nicht immer von Wasser bedeckt bleibt, ist ein solcher Zusatz sogar nothwendig, weil hierdurch die hygroskopischen Eigenschaften gemäfsigt werden, und der nachtheiligen Einwirkung des Frostes auf den Mörtel vorgebeugt wird. Zu derartigem Mauerwerk verwendet man in der Rheinprovinz gewöhnlich ein Gemenge von gleichen Raumtheilen Kalkbrei, Trafs und Sand, und man nennt dasselbe verlängerten Trafsmörtel. Es sind jedoch, jenachdem ein schnelleres oder langsameres Erhärten gefordert wird, auch andere Mischungs-Verhältnisse üblich, und diese werden wieder durch jene Proben ermittelt.

Bei dieser Gelegenheit mufs noch auf eine auffallende Eigenschaft des reinen, wie auch des nur wenig verlängerten Trafsmörtels aufmerksam gemacht werden, die man bei Cementmörteln nicht bemerkt. Derselbe erhärtet nämlich nicht, wenn die Temperatur des umgebenden Wassers nur um wenige Grade den Gefrierpunkt übersteigt. Man hat dieses vielfach bemerkt und man darf sonach keine Beton-Bettung aus Trafs unmittelbar vor dem Eintritt des Winters ausführen.

Die Zubereitung des Trafsmörtels geschieht gewöhnlich in der Art, dafs man den Kalk und Trafs abmifst, alsdann auf einem dichten Dielenboden den Kalkbrei ausbreitet und unter fortwährendem Durcharbeiten mit der Kalkhacke den Trafs nach und nach zusetzt. Der Mörtel wird aber um so besser, je weniger Wasser er enthält. Vortheilhaft ist es auch, den nothwendigen Zusatz an Wasser gleich Anfangs mit dem Kalk zu vermengen, weil alsdann der Trafs sich leichter darin gleichmäfsig einbringen läfst. Der Zusatz an Wasser mufs aber immer auf das kleinste zulässige Maafs beschränkt werden, weil sonst die Erhärtung später eintritt, auch ein merkliches Schwinden dabei erfolgt. Die Darstellung des Mörtels wird aber um so schwieriger, je steifer derselbe ist. Mit Hacken und Krücken läfst er sich oft nicht mehr bearbeiten, man mufs vielmehr Stampfen und Schlägel benutzen, wodurch er bei gleichem Wassergehalt nicht nur ein gleichmäfsigeres Gemenge darstellt, sondern auch weicher und schmiegsamer wird. Früher suchte man denselben Zweck dadurch zu erreichen, dafs die Arbeiter den Mörtel mit Holzschuhen treten mufsten. Dabei liefs sich indessen das Ein-

ngen des Mörtels in die Schuhe nicht verhindern, und alsdann rde die Haut der Füfse so angegriffen, dafs wenigstens heftige ımerzen die Folge waren. Diese Methode ist daher keineswegs empfehlen.

Wenn gröfsere Quantitäten Mörtel dargestellt werden sollen, wie nentlich behufs Béton-Fundirungen, so wendet man Mörtel-Maıinen an. Dieselben sind sehr verschieden eingerichtet, im Allneinen wird aber durch sie nicht nur die Fabrikation beschleunigt, ıdern das Fabrikat pflegt auch gleichmäfsiger und sonach besser ızufallen, als durch Handarbeit.

Beim Bau der Ruhr-Schleusen benutzte man Maschinen, in lchen der Mörtel in hohlen Cylindern aus Eisenblech gemengt ırde, die horizontal lagen und oben offen waren. An der hindurchhenden eisernen Achse, die gewöhnlich durch eine Dampfmaschine dreht wurde, befanden sich Messer, welche theils normal gegen ; Achse und theils parallel zur cylindrischen Wand gerichtet waren. ıfserdem waren noch besondere Blätter an andern Armen befestigt, ılche den Mörtel von der Wand des Cylinders abstrichen. Die ylinder hatten die Länge von 5 bis 6 Fufs, und hielten 2½ Fufs ı Durchmesser. Die Messer welche den Mörtel in einer oder der ıdern Richtung durchschnitten, waren etwa 3 Zoll von einander tfernt.

Die Maschine wurde in der Art benutzt, dafs man zunächst Cubikfufs Kalkbrei einschüttete, die 6 Cubikfufs Trafs aber nur kleinen Quantitäten nach und nach zusetzte, während die Achse it den Messern schon in voller Bewegung war. Dieses Verfahren gründete sich in sofern, als beim Hinzukommen einer gröfseren asse Trafs der Mörtel so steif wurde, dafs die Messer ihn nicht ehr durchdringen konnten. Die Achse machte durchschnittlich) Umdrehungen in der Minute, und in 9 Minuten war der Mörtel nreichend durchgearbeitet. Alsdann öffnete man die Boden-Klappe, orauf der Mörtel aus dem Cylinder herabfiel. Derselbe maafs ieder nur 6 Cubikfufs, woraus sich ergiebt, dafs der Kalkbrei nur eben die Zwischenräume zwischen den Trafskörnchen ausfüllte.

Eine andere Art von Mörtel-Maschinen, die besonders in Frankıich üblich ist, besteht in einem gemauerten oder eisernen kreisrmigen Boden, in dessen Mitte eine Achse steht, an welcher vier serne Arme befestigt sind. An dreien derselben befinden sich ver-

tikale Räder, die auf dem Boden umlaufen und die [illegible] ten Materialien vermengen, der vierte Arm bildet aber den [illegible] baum, woran ein Pferd gespannt ist. *) Endlich werden auch [illegible] ler-Gänge, bei denen sich der Boden dreht, zur Darstellung [illegible] Mörtels benutzt, bei den sämmtlichen vorstehend erwähnten Maschin[illegible] findet indessen kein continuirlicher Betrieb statt. Dieser Uebelstand wird vermieden, wenn man die Mörtel-Maschine nach Art der bekannten Thonschneide-Maschinen einrichtet.

Dieselbe besteht aus einem senkrecht stehenden hölzernen oder eisernen Cylinder von 4 bis 5 Fuſs Höhe und 3 bis 4 Fuſs Weite. Hölzerne Cylinder pflegt man nach oben etwas zu verjüngen, um die eisernen Bänder beim Eintrocknen der Stäbe nachtreiben zu können. In der Achse befindet sich eine eiserne Spindel von quadratischem Querschnitt, die unten in einer Spurpfanne steht, und oben durch einen eisernen Bügel gehalten wird. An den darüber vortretenden Kopf ist ein Göpelbaum angeschroben, bei Anwendung der Dampfkraft ist dagegen ein conisches Rad aufgesteckt, in welches das von der Maschine bewegte conische Getriebe eingreift.

Die erwähnte Spindel ist mit vier oder fünf horizontalen eisernen Armen verbunden, die bis nahe an die innere Wand des Cylinders reichen, und oben wie unten in Abständen von 3 bis 4 Zoll mit mehreren, etwa 4 Zoll langen, und lothrecht gerichteten eisernen Dornen versehn sind. Aus der Cylinder-Fläche treten ähnliche Arme radial bis gegen die Achse vor, die eben solche Dorne tragen. Diese Arme, so wie die Dorne sind aber so gestellt, dafs jene an die Achse befestigten bei der Drehung der letzteren durch sie frei hindurchgehn.

Einige Zolle über dem Boden sind an die Spindel zwei schräge gerichtete Messer angeschroben, durch welche die Masse nach einer Oeffnung geschoben wird, die sich unmittelbar über dem Boden in dem Cylinder-Mantel befindet, und die durch einen Schieber geschlossen werden kann.

Der Cylinder wird zunächst etwa bis zur Hälfte lagenweise und in dem richtigen Verhältnifs mit den Materialien gefüllt, woraus der Mörtel bereitet werden soll. Nachdem der Schieber geöffnet ist, wird die Spindel in Bewegung gesetzt, und nunmehr der Cylinder

*) Eine ähnliche Maschine ist im dritten Theile dieses Werkes §. 68. beschrieben und durch Zeichnung erläutert.

leicher Weise vollständig gefüllt. Der erste Mörtel ist noch nicht
ig durchgearbeitet, und mufs daher aufs Neue in den Cylinder
rfen werden, nach kurzer Zeit ist dagegen die Vermengung voll-
dig erfolgt und der alsdann austretende Mörtel ist zur Benutzung
net. Man mufs darauf achten, dafs der Cylinder stets gefüllt
t, weil die verschiedenen Bestandtheile um so inniger mit ein-
in Berührung treten, je häufiger jene Arme und Dorne die
durchschnitten haben. Bei jedesmaliger längern Unterbre-
der Arbeit, wobei der im Cylinder befindliche Mörtel erhär-
önnte, mufs die Maschine vollständig entleert und gereinigt
n, weil der an den Wänden und Armen haftende Mörtel den
n Betrieb erschweren, auch das Fabrikat verschlechtern würde.
Wenn die Lage des Bauplatzes es irgend zuläfst, so empfiehlt
h, diese Maschine in solcher Höhe aufzustellen, dafs der aus-
de Mörtel durch eine schräge Rinne von selbst in die darun-
eschobenen Handkarren fällt. Bei dem Betriebe durch Pferde
die Göpelbahn in der Höhe der Maschine liegen, und über
Rinne auf einer Brücke übergeführt werden.

Eine der beschriebenen ähnliche Maschine, die bei Lorient auf-
lt war, und von vier Pferden getrieben wurde, lieferte in der
e nahe 100 Cubikfufs Mörtel.

Da der Trafsmörtel schon in wenigen Stunden zu erhärten an-
so darf man ihn nur unmittelbar vor der Verwendung
eiten. In den Niederlanden wird freilich hiervon zuweilen in
n abgewichen, als man auch den Trafsmörtel, eben so wie an-
Mörtel, die besonders bindend sein sollen, mehrere Tage nach
der umarbeitet. Man bedient sich hierzu eiserner hochkantiger
gel, die in der Art gebogen sind, dafs ihre schmale Fläche
twa 1 Fufs Länge den Boden trifft, und man gebraucht sie so,
die Schläge unmittelbar neben einander fallen, also die Mörtel-
e in allen Theilen getroffen und in andere Berührung versetzt
Bei der spätern Bearbeitung wird dabei kein Wasser zuge-

*) In den Entreprise-Bedingungen (Bestek) für den Schleu-
n in Nieuwe-Diep, der 1816 ausgeführt wurde, wird ausdrück-
erlangt, dafs kein Mörtel verwendet werden dürfe, der nicht

) F. Schulz, Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architektur.
sberg 1808. Seite 126.

während 3 bis 4 Tagen täglich einmal mit diesen eisernen Sch
umgearbeitet worden, er dürfe jedoch auch nicht länger, als
gelegen haben. Dabei wird noch gefordert, das beinahe g
Wasser zugesetzt werde. F. Baud *) theilt gleichfalls mi
dieses Verfahren in den Niederlanden allgemein üblich sei, d
er hinzu, dafs einige Ingenieure dasselbe bei Trafs- und
Mörtel nicht billigen.

Indem nun bei den grofsartigen und mit vollster Sachk
ausgeführten Wasserbauten in den Niederlanden der Trafs
weise angewendet ist, so mufs man voraussetzen, dafs die
lige Umarbeitung des daraus bereiteten Mörtels, wenn auch
wärtig davon vielfach abgegangen wird, doch eine gewisse
dung hat. Diese liegt, wie es scheint darin, dafs der Kalk
zunächst nur mit den mehr aufgeschlossenen Bestandthe
Trasses verbindet, während seine chemische Verbindung
schwerer zugänglichen Theilen erst später erfolgt. Bei der s
Verwendung des Mörtels ist Letzterer noch nicht eingetret
eben so wenig die Volum-Veränderung, die sie veranlafst.
diese wird also der Mörtel später gelockert. Wird derselbe
erst gebraucht, nachdem diese Verbindungen vollständig erfo
so findet keine weitere Volum-Veränderung statt. Es wäre
dafs namentlich der verlängerte Trafs-Mörtel, der weniger
bindet, durch dieses wiederholte Umarbeiten an Güte gewin
fehlen darüber entscheidende Beobachtungen.

Die so wichtigen hydraulischen Eigenschaften können d
tel auch in ganz andrer Weise, als durch den Zusatz von T
ähnlichen Substanzen ertheilt werden. Es ist bereits erwäh
den, dafs manche Kalke hierzu überhaupt keines Zusatzes b
vielmehr schon in der Verbindung mit reinem Quarzsand
hydraulischen Mörtel darstellen. Man nennt solchen Kalk, n
oder hydraulischen Kalk. Er unterscheidet sich von
wöhnlichen fetten Kalke dadurch, dafs er beim Einlöschen
gedeiht, oder eine geringere Quantität Kalkbrei liefert, auch
Farbe wegen der fremden Bestandtheile mehr bräunlich. W
diesen Kalk zu Mörtel bearbeitet, so mufs der Zusatz an S

*) *Proeve van eenen Cursus over de Waterbouwkunde. II. Dee*
pag. 149.

r sein, als im fetten Kalke. Enthält er nur gegen 10 Procent erde, so giebt er sich schon in geringerem Grade als hydrau- r Kalk zu erkennen, beträgt die Thonerde dagegen 20 bis ocent, so erhärtet der daraus gebildete Mörtel sehr fest unter er, und man pflegt ihn alsdann vorzugsweise hydraulischen zu nennen. Nach dem Brennen läfst er sich einlöschen, ohne man ihn künstlich zu pulverisiren braucht, doch bedarf er eines Zusatzes von Sand, um Mörtel zu bilden. Beide letz- nten Eigenschaften verschwinden aber, sobald der Kalkstein 30 Procent Thonerde und Kieselsäure enthält. Man nennt lsdann Cement. Ein solcher zerfällt nach dem Brennen an der Luft, noch im Wasser und mufs daher gemahlen n, dagegen läfst er sich ohne allen Zusatz von Sand in Mörtel ndeln, der sowohl an der Luft, wie auch unter Wasser er- . Wenn endlich der Gehalt an kohlensaurem Kalk nur gegen ocent beträgt, so mufs man nicht nur nach dem Brennen die pulverisiren, sondern noch fetten Kalk zusetzen.

Unter den natürlichen Cementen ist vor Allen der Ro- Cement zu nennen. Am Ende des vorigen Jahrhunderts ames Parker sich ein Patent auf einen hydraulischen Mörtel , den er aus Lesesteinen brannte, welche auf dem Strande ver sich vorfanden. Er nannte denselben Roman-Cement, weil ch seiner Erhärtung an Festigkeit dem römischen Mauerwerk kam. Bald darauf wurde auch in Frankreich die Entdeckung cht, dafs in den Geröllen am Strande bei Boulogne (galets de gne) ebenfalls das Material zu vortrefflichem hydraulischen l vorhanden sei. Die chemische Analyse ergab, dafs beide rten derselben Formation angehörten, und nach dem Brennen llgemeinen folgende Zusammensetzung hatten:

Kalk	55 Procent
Thonerde	7 „
Kieselsäure	23 „
Mangan- und Eisenoxyd	12 „
Kali, Natron etc.	3 „

Die natürlichen hydraulischen Kalke und Cemente sind indessen ganz gleichmäfsig, in den verschiedenen Lagen und Bänken n sogar sehr bedeutende Abweichungen in den Verhältnissen hemischen Bestandtheile sich zu zeigen. Indem überdiefs die

Kalk-Arten, welche an sich hydraulischen Mörtel bilden, nicht so allgemein verbreitet sind, wie die Kalk- und Thon-Arten, welche jene Bestandtheile getrennt enthalten, so lag es nahe, durch Verbindung beider künstliche Cemente von derselben chemischen Zusammensetzung darzustellen, welche jene natürlichen Cemente haben. Die grofsen Verdienste, die Vicat durch unermüdliche Arbeiten in dieser Beziehung sich erwarb,*) sind bekannt, ein künstlicher Cement, der allen Anforderungen entsprach, wurde jedoch zuerst in England dargestellt. Der Erfinder desselben war Joseph Aspdin und er nannte sein Fabrikat Portland-Cement, weil dieses die Härte des Portland-Steines annahm, der zu den geschätztesten Bausteinen Englands gehört, auch ungefähr die Farbe desselben hatte.

In Frankreich und Deutschland sind seitdem zahlreiche Fabriken entstanden, welche Cement liefern, der dem englischen Portland-Cement in keiner Beziehung nachsteht. Diese Benennung ist auch in Deutschland allgemein beibehalten. In England wurde hauptsächlich der Thon, der im Thale des Medway-Flusses gegraben wird, verwendet, dessen Zusammensetzung der Art ist, dafs er in Verbindung mit Kalk vorzüglichen Cement bildet. Der Septarien-Thon**), der im nördlichen Deutschland grofsentheils benutzt wird, hat nahe dieselbe chemische Zusammensetzung wie der Thon des Medway-Thales.

Bei Fabrikation des Portland-Cementes werden die geeigneten Materialien, kohlensaurer Kalk und kieselsaurer Thon, deren chemische Zusammensetzung vorher genau ermittelt ist, um das Mischungs-Verhältnifs richtig zu wählen, nachdem sie pulverisirt sind, unter reichlichem Zusatz von Wasser in grofsen Bottichen mittelst geeigneter Rühr-Apparate auf das innigste vermengt. Die dünnflüssige Lösung leitet man alsdann in grofse Schlamm-Bassins, worin sie so lange steht, bis das überschüssige Wasser theils verdunstet, theils in den Boden eingesogen und die Masse streichrecht

*) Das wichtigste Werk von Vicat, welches bei seinem Erscheinen die allgemeinste Aufmerksamkeit erregte, ist betitelt: *Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires. Paris.* 1818.

**) Diese Thonknollen sind bei ihrer früheren Erhärtung stark geschwunden, und da zuerst die äufsere Schale fest wurde, so bildeten sich im Innern hohle Räume oder Zellen, woher der Name.

worauf man sie wie Ziegel formt, und diese, nachdem
ft oder durch künstliche Erwärmung getrocknet sind,
chlägt und bei Coaksfeuerung brennt.
nen mufs mit möglichster Vorsicht erfolgen. Die
i nicht so steigern, dafs der Kalk schon im Ofen mit
e der Thonerde unlösliche Verbindungen eingeht, die
icht mehr angegriffen werden und deshalb die Mole-
rung, die für das Erhärten des Mörtels nothwendig
ht mehr eintreten kann. Andrerseits mufs die Hitze
sein, dafs die kieselsaure Thonerde, so wie die
igen aufgeschlossen werden und die Kohlensäure aus
ständig entweicht. Soll der Cement besonders schnell
bt man ihm einen stärkeren Zusatz von Thon, brennt
er scharf.
der Cement gebrannt ist, wird er gemahlen oder auf
'erisirt und gesiebt. Eine sehr sorgfältige Verpackung
nothwendig, um ihn vor Feuchtigkeit zu schützen.
egt 3½ Cubikfufs zu halten, da der Cement aber fest
st, so giebt sie 4½ bis 5 Cubikfufs loser Schüttung.
ewicht der Tonne beträgt etwa 400 Pfund, wovon
den Cement zu rechnen sind.
sche Zusammensetzung eines guten Portland-Cementes
tlich folgende:

Kalk	60	Procent
Magnesia	1	„
Thonerde	8	„
Eisenoxyd	4	„
Kali und Natron . .	2	„
Gyps	1	„
Kieselsäure	24	„

e Cement stellt sich, als ein scharfes krystallinisches
eine Farbe spielt aus dem Grauen ins Blaue oder
Sein specifisches Gewicht ist 3,1 bis 3,2 und im All-
las gröfsere Gewicht ein Zeichen der bessern Qualität.
feine Zertheilung ist dringendes Bedürfnifs, damit
gleichmäfsig und gleichzeitig auf alle Körnchen ein-
Schüttet man Cement unter starkem Umrühren in
er gefülltes Glas, so mufs er bald und gleichmäfsig

niederschlagen, ohne

darf das Wasser keine starke Trübung beha

Wenn nicht gerade ein möglichst schnel
nothwendig wird, wie etwa beim Stopfer
Verwendung eines etwas langsamer bi
facher Beziehung vorzuziehn. Nach
man dem letzteren ohne merkliche
setzen, aufserdem ist die Verarb
sonders von Wichtigkeit ist, w
etwa zu Béton-Fundirungen
derselbe schliefslich eine b
an, als der schnell binder
namentlich für Béton-Fu
welchem dem Gewicht
Wasser zugesetzt ist

Bei Abnahme
dafs er keine Fe
Fafse theilweis
pflegt dageger
noch ohne

Aufserdem
Inhalt ur

De
den p
Man
selb
etw
m
n

Wasser
hn, dafs di
benetzt werden,
ch mit Luft gefüllt
ben und verhindert dahe
gesuchte Verhältnifs nach d
Um dieses zu verm
mittelbar über dem Boden
also schon vor dem Einsch
in eine hinreichend lange, nich
zu stellen, und durch diese
Dafs der cubische Inhalt des einz
dem des Gefäfses in Abzug
dinger Ausfüllung das Wasser im
dem Rande des Gefäfses befin
Es mag hinzugefügt w
auf 1 Raumtheil Cement in der
Mörtel geben. Bei Fundament- u
ähnlichen Ausführungen, wob
ankommt, kann man sogar für
Theile guten Portland-Cemen
Sande gemengte Cement ist
wenn man den Mörtel mit
letzteren Kalkmilch, so binde
inniger in einen zusammenhängenden
des Kalkes mit Portland-
vortheilhaft. Durch einen ge
gewöhnliche fette Kalk entsch

während das untere entweder unmittelbar die Gewicht-Schale
t, oder mittelst eines Hebels nach und nach stärker belastet
l. Nach acht Tagen muſs ein guter Cement 160 bis 180 Pfund
den Quadratzoll Querschnitt tragen. Seine rückwirkende Festig-
ist aber viel gröſser und beträgt etwa das Zehnfache der ab-
ten.

Bei ausgedehnten Bauten werden Versuche dieser Art auch auf Baustellen ausgeführt, wie z. B. bei dem Bau des südlichen pt-Cloaken Canals in London. Daselbst wurde nur solcher ent als brauchbar und den Lieferungs-Bedingungen entsprechend nommen, von dem ein Mörtel-Prisma von $1\frac{1}{2}$ Zoll Engl. Seite siebenten Tage erst bei einer Belastung von 400 Pfund zerriſs, es Maaſs wurde aber bald darauf auf 500 Pfund erhöht.*) Auf inländisches Maaſs und auf Zoll-Gewicht reducirt stellt sich Tragfähigkeit des Prisma's von 1 Quadrat-Zoll Querschnitt bengsweise auf 154 und 192 Pfund.

Der aus gutem Portland Cement dargestellte Mörtel ist gleichig grau-blau gefärbt, zeigen sich darin gelb-braune oder rostfar-Flecken, so ist dieses ein Zeichen von ungenügender Mischung der Materialien oder von nicht normaler Zusammensetzung derselben. Der nicht zu schnell bindende Cement erhöht beim Zuthun des sers seine Temperatur nur etwa um 2 Grad, bei seinem Erhärten auch keine merkliche Vergröſserung des Volums ein. Wird elben Sand zugesetzt, so erfolgt die Erhärtung auffallend langr, dieser Umstand pflegt aber in den meisten Fällen nur von geordneter Bedeutung zu sein.

Wie viel Sand dem Cement ohne Nachtheil zugesetzt werden , muſs man jedesmal durch die oben bezeichneten Proben festn. Handelt es sich um die Ausführung eines vollständig wasseren Mauerwerks, so darf dem Cement nur so viel Sand zugesetzt en, daſs die Zwischenrämme in dem letztern sich noch vollig mit dem erstern füllen. Dieses Maaſs läſst sich durch einfachen Versuch annähernd feststellen. Man füllt ein Gefäſs bekanntem Rauminhalt mit trocknem Sande bis zum Rande und gieſst soviel Wasser darüber, bis dasselbe den Rand des

---

) Zeitschrift des hannöverschen Architecten- und Ingenieurs-Vereins. S. 159.

Gefäfses erreicht. Der Rauminhalt des zugegossenen Wassers, verglichen mit dem des Gefäfses stellt das zulässige Verhältnifs des Cementes zum Sande dar, doch thut man wohl, noch etwas mehr Cement zu nehmen. Bei dieser Messung mufs man jedoch auf manche Umstände Rücksicht nehmen, die bereits §. 7, §. 20 und §. 38 berührt sind. Die Schüttung des Sandes mufs möglichst locker sein, weil eine geschlossene Ablagerung der Sandkörnchen in der breiartigen Mörtelmasse nicht erfolgen kann. Gieſst man aber Wasser auf, so tritt sogleich eine dichtere Ablagerung ein und die Oberfläche des Sandes sinkt herab. Man mufs daher das Gefäfs vollständig und über den Sand hinaus mit Wasser anfüllen. Bei solchem Zugieſsen kann es leicht geschehn, dafs die obern Schichten in ihrer ganzen Ausdehnung benetzt werden, während in den untern die Zwischenräume noch mit Luft gefüllt sind. Letztere kann alsdann nicht entweichen und verhindert daher den Zutritt des Wassers, so dafs jenes gesuchte Verhältnifs nach dieser Probe sich leicht unrichtig herausstellt. Um dieses zu vermeiden, empfiehlt es sich, das Wasser unmittelbar über dem Boden des Gefäfses in den Sand einzuführen, also schon vor dem Einschütten des letztern einen Trichter, der in eine hinreichend lange, nicht zu weite Röhre ausläuft, in das Gefäfs zu stellen, und durch diese das Wasser eintreten zu lassen. Dafs der cubische Inhalt des eintauchenden Theiles des Trichters von dem des Gefäfses in Abzug gebracht werden, auch bei vollständiger Anfüllung das Wasser im Trichter sich in gleicher Höhe mit dem Rande des Gefäfses befinden mufs, bedarf kaum der Erwähnung. Es mag hinzugefügt werden, dafs drei Raumtheile Sand auf 1 Raumtheil Cement in der Regel noch einen undurchlässigen Mörtel geben. Bei Fundament- und Futter-Mauern, Brückenpfeilern und ähnlichen Ausführungen, wobei es auf Wasserdichtigkeit weniger ankommt, kann man sogar fünf und selbst sechs Theile Sand einem Theile guten Portland-Cementes zusetzen.

Der mit vielem Sande gemengte Cement ist indessen schwer zu bearbeiten, wenn man den Mörtel mit Wasser anmacht. Wählt man statt des letzteren Kalkmilch, so bindet er in sich besser, und läfst sich leichter in einen zusammenhängenden Brei verwandeln. Die Verbindung des Kalkes mit Portland-Cement ist auch in andern Fällen vortheilhaft. Durch einen geringen Zusatz des letztern gewinnt der gewöhnliche fette Kalk entschieden hydraulische

enschaften. Ein Gemenge von 1 Theil Cement, 6 Theilen Sand 2 bis 3 Theilen fetten Kalk stellt einen Mörtel dar, der sich Mauerwerk, das vielfach dem Wasser ausgesetzt ist, vortrefflich eignet.

Es ist vortheilhaft, beim Anmachen des Mörtels möglichst wenig asser zuzusetzen. Reiner Cement-Mörtel erfordert dem Gewichte h 30 bis 40 Theile Wasser auf 100 Theile Cement. Nach der Erung sind hiervon 14 bis 16 Theile chemisch gebunden, woher bis 24 Theile ausgestofsen werden. Letztere dringen aber nicht reinem Zustande heraus, sondern enthalten zugleich Alkalien, sich aus dem Mörtel in ihnen auflösten. Bei Mauern, die im cknen ausgeführt sind, schlagen sich diese beim Verdunsten des sers auf den freien Oberflächen nieder. Dieses sind die Ef·escenzen die man bei Mauern, welche mit hydraulischem tel ausgeführt sind, gewöhnlich bemerkt. Je mehr überschüssiges ser in den Mörtel eingeführt wurde, um so stärker wird dieser elaugt, und das richtige Verhältnifs der Bestandtheile geändert. erwerk, welches bei Regenwetter ausgeführt ist, pflegt demnach tere crystallinische Efflorescenzen zu zeigen, als solches das trockner Witterung dargestellt wurde, obgleich dem Mörtel in en Fällen in demselben Verhältnifs Wasser zugesetzt war.

Bei Zubereitung des Cement-Mörtels wird der Cement dem Sande zunächst trocken gemischt, und alsdann erst das derliche Wasser zugesetzt, worauf die Durcharbeitung erfolgt. es darf jedoch nur nach Maafsgabe des Verbrauches geschehn, dieser mufs statt finden, bevor ein Abbinden bemerklich wird. man statt des Wassers Kalkmilch angewendet, so ist eine s längere Zwischenzeit zulässig, die auf eine volle Stunde und st wenig darüber sich ausdehnen darf.

Auf gröfseren Baustellen werden zur Bereitung des Cementtels auch Maschinen benutzt, wenn diese aber nach Art jener den Trafsmörtel eingerichtet sind, so können sie nur das trockne erial mit dem zugesetzten Wasser in innige Verbindung bringen, Vermengung des Cementes mit dem Sande mufs daher schon er durch Handarbeit erfolgt sein. Bei Gelegenheit der Bétonitung wird eine Maschine beschrieben werden, welche Beides führt.

§. 47.
Béton.

Unter Béton versteht man ein Gemenge von kleinen Steinen und hydraulischem Mörtel. Die Steine müssen solche Gröfse und Form haben, dafs sie bei jeder zufälligen Schüttung sich möglichst geschlossen lagern, auch einiger Verband sich in ihnen bildet, wenn dieser gleich nur sehr unvollkommen ist. Ihre Verbindung erhalten sie durch den beigemengten Mörtel der ihre Fugen füllt, der aber nach dem Erhärten an ihnen sicher haften mufs. Aus diesem Grunde dürfen sie keine glatte Oberfläche haben. Vor ihrem Verbrauche werden sie in Wasser getaucht oder übergossen, weil sie sonst dem Mörtel zu schnell die Feuchtigkeit entziehn und dadurch seine Erhärtung verhindern würden. Ferner darf der gehörige Härtegrad ihnen nicht fehlen. Vielfach stellt man auch die Bedingung, dafs sie recht scharfkantig sein müssen, um einen guten Verband darzustellen, doch werden oft statt der geschlagenen Steinbrocken auch rund geschliffene Kiesel ohne Nachtheil benutzt, was namentlich in England üblich ist. Gewöhnlich giebt man ihnen solche Gröfse, dafs ihr Durchmesser $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll mifst. Den Steinschlägern pflegt man zu diesem Zweck Drahtringe von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll Weite als Lehre zu geben mit der Anweisung, dafs die Steine in jeder Richtung hindurchfallen müssen.

Man könnte leicht vermuthen, dafs es vortheilhaft wäre, gröfsere und kleinere Steine zugleich zu verwenden, damit die kleineren die Fugen zwischen den gröfseren füllen, und dadurch der Bedarf an Mörtel, der immer besonders kostbar ist, sich möglichst vermindert. Diese Absicht läfst sich indessen bei der zufälligen Ablagerung, und besonders wegen des beigemengten steifen Mörtels nicht erreichen. Ein Stein berührt den andern nur mit einer Kante oder einer Ecke und findet dadurch schon hinreichende Unterstützung, und oft tritt selbst diese Berührung noch nicht ein. Die kleineren Stücke, die man zusetzen wollte, würden daher leicht die Fugen noch mehr vergröfsern. Aus diesem Grunde läfst man die Steine nicht absichtlich in verschiedener Gröfse schlagen, wiewohl sie immer etwas verschieden ausfallen.

Das Material, woraus die Steinstücken bestehn, ist an sich [illegible]lich gleichgültig, wenn es nur den obigen Bedingungen entspricht. [illegible]züglich eignet sich dazu ein fester Sandstein, doch auch Granit, [illegible]wacke, fester Kalk und besonders recht hart gebrannte und [illegible]schlagene Ziegel können unbedenklich benutzt werden. Vortheil[illegible] ist es, wenn die Steine nahezu dasselbe specifische Gewicht [illegible]en, wie der Mörtel, weil alsdann die Mischung, besonders in [illegible]on-Maschinen, homogener wird.

Wie bereits erwähnt, werden in England gewöhnlich Flufskie[illegible] zum Béton verwendet, auch in Frankreich und Deutschland ge[illegible]eht dieses vielfach. Wenn denselben auch die vorspringenden [illegible]ken ganz fehlen, so pflegt der daraus dargestellte Béton, bei An[illegible]dung eines guten Mörtels, doch sehr fest und dicht zu sein, oft [illegible]ertrifft er sogar denjenigen aus geschlagenen Steinen. Der Grund [illegible]ervon dürfte darin zu suchen sein, dafs eben wegen der fehlenden [illegible]ken die Ablagerung der Steine geschlofsner wird, auch ihre ab[illegible]rundete Form dazu beiträgt, dafs bei der Fabrikation der Béton [illegible]leichmäfsiger wird. Dazu kommt noch, dafs diese Kiesel gemein[illegible] kleiner sind als die geschlagenen Steine, wodurch gleichfalls [illegible] Bearbeitung sich erleichtert und der Béton homogener wird. [illegible]an könnte freilich auch für die geschlagenen Steine kleinere Di[illegible]ensionen wählen, dadurch würden aber bei harten Steinen die Kosten [illegible]erheblicher werden, und bei weichen würde ein grofser Material[illegible]verlust durch das Absplittern eintreten. Wo sich in der Nähe der [illegible]Baustelle Flufsgerölle von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser vorfinden, [illegible]pflegt deren Verwendung eine sehr erhebliche Ermäfsigung der Ko[illegible]sten herbeizuführen, da mindestens der Lohn für das Schlagen er[illegible]spart wird.

Um das Mischungs-Verhältnifs zwischen den Steinen und dem Mörtel zu bestimmen, mifst man zuweilen die Zwischenräume zwischen den ersteren. Man füllt zu diesem Zweck einen grofsen wasserdichten Kasten, dessen cubischen Inhalt man kennt, mit den gehörig benetzten Steinstücken, und beobachtet, wie viel Wasser man hinzugiefsen kann, bis dasselbe den Rand des Gefäfses erreicht. Das Volum dieses Wassers ist alsdann dem Gesammtinhalte der Zwischenräume gleich und bei dieser Art der Ablagerung würde eine gleiche Quantität Mörtel zur Füllung der Zwischenräume genügen. Man darf dabei aber nicht vergessen, dafs in dem fertigen

Béton die Steine durch den Mörtel verhindert werden, ei so dichte Lage anzunehmen wie früher, und sonach sind d schenräume wirklich gröfser oder die Mörtelmasse mufs bed sein. Die Mischungsverhältnisse, die man wählt, sind nich dieselben. Bei der ersten Béton-Fundirung einer Ruhrschle 35 Jahren nahm man auf 12 Cubikfufs zerschlagene Steine 6 fufs fertigen Mörtel und erhielt daraus 13 Cubikfufs Béton. nach gehören zu 100 Cubikfufs Béton 92 Cubikfufs Steine und bikfufs Mörtel. Aehnlich ist das Verhältnifs, welches ma Schleusenbau zu Saint-Valery an der Somme wählte. Ma daselbst nämlich zum Cubikmeter Béton 0,87 Cubikmeter Ste 0,45 Cubikmeter Mörtel. Bei den Schleusen am Rhein-Rhon rechnete man dagegen auf den Cubikmeter Béton nur 0,6 brocken und die zugehörige Quantität Mörtel war aus 0,22 tem Kalk und 0,40 Sand zusammengesetzt. Bei den B London hat man die Gewohnheit, die Steine und den Sa zu trennen, sondern beide wie sie als Ballast aus der Thems gert werden, dem Kalk zuzusetzen, und es ist auffallend, d die Beimischung des Kalkteiges das Volum des Ballastes v wird. Dieses erklärt sich dadurch, dafs der Sand hierb mehr geschlossene Lage versetzt wird. 27 Cubikfufs Ba mit 3 Cubikfufs gelöschtem Kalk und 4 Cubikfufs Wasser werden, geben nur 24 Cubikfufs Béton, die 27 Cubikfu bestehn aber aus 23 Cubikfufs Geschiebe und $11\frac{1}{2}$ Cubikfu Zu 100 Cubikfufs Béton sind hiernach erforderlich 96 Geschiebe, 48 Cubikfufs Sand, oder zusammen 112 Cubikfu ferner $12\frac{1}{2}$ Cubikfufs Kalk und 16 Cubikfufs Wasser. Be dung geschlagener Steine braucht man zu einer Schachtrut Béton 120 bis 130 Cubikfufs Steine und etwa 60 Cubikfufs

Die gehörige Vermengung des Mörtels mit de stücken wird dadurch mühsam, dafs der Mörtel recht mufs, wenn er schnell erhärten und den hinreichenden Festigkeit annehmen soll. Aus diesem Grunde ist ein kri anhaltendes Durcharbeiten der Masse erforderlich, und d so lange fortgesetzt werden, bis alle Oberflächen der Stei

*) *Nature and properties of concrete by G. Godwin*, in den *of the Institute of British Architects. Vol. I Part. I.* London

örtelschicht bedeckt sind. Kleinere Bétonmassen pflegt man Handarbeit zu bilden, wobei man sich schmaler Rechen t, die drei oder vier 6 Zoll lange Zinken haben. Dasselbe ren wird zuweilen auch noch zur Mischung gröfserer Massen benutzt, und zwar geschieht dies folgendermaafsen. Nachdem eine stark benetzt worden, breitet man 6 bis 12 Cubikfufs der- auf einem Dielenboden regelmäfsig aus, so dafs sie eine 6 Zoll Schicht bilden. Nunmehr setzt man den Mörtel in kleinen itäten hinzu und wirft ihn jedesmal so hoch, dafs er wenig- 3 Fufs herabfällt, um sogleich in die Zwischenräume zwischen teinen einzudringen und an einem grofsen Theile ihrer Ober- zu haften. Um die Berührung zu vervollständigen, bearbeitet nerauf noch die Masse mit den erwähnten Rechen so lange, an sicher ist, dafs alle Oberflächen mit Mörtel bedeckt sind. eitet man dagegen den Mörtel über den Dielenboden aus, und das erforderliche Quantum Steine heftig darauf, so dafs der zum Theil schon die Steine überzieht. Darauf wird aber sse mit Spaten umgearbeitet, bis die vorstehend erwähnte Be- g erfüllt ist.

ei gröfseren Ausführungen pflegt man sich besonderer Béton- binen zu bedienen, die in verschiedenster Weise construirt sind. schine, welche bei den Schleusenbauten an der Ruhr angewandt , bestand aus einer geschlossenen achtseitigen prismatischen nel aus Holz, welche durch die hindurchgehende eiserne Achse ner Dampfmaschine gedreht wurde. Bei der Bewegung stieg ton zugleich mit der Wandung immer an, und stürzte alsdann selben Art herab, als wenn man ihn mit dem Spaten aufge- hätte. Die Trommel war 6 Fufs lang, 3 Fufs weit und in der Minute etwa 9 Umdrehungen. Die eine der langen liefs sich als Klappe zurückschlagen. Wenn dieselbe nach gekehrt und die Oeffnung frei war, warf man die 12 Cubikfufs und den Mörtel hinein, schlofs die Klappe und setzte die Trom- ährend 18 Minuten in Bewegung. Alsdann war die Durch- ng vollständig erfolgt, und wenn die Klappe sich unten befand, man sie, worauf der Béton herausfiel. Diese häufig eintre- Unterbrechung ist sehr zeitraubend. Die Besorgnifs, dafs die n Ecken der Steinstücke abgestofsen werden möchten, bestä- ch dabei aber nicht, indem die Fallhöhen nicht hoch waren,

auch der Mörtel den Stofs mäfsigte, was sich schon aus dem dumpfen Ton während des Ganges der Maschine, und noch sicherer aus der spätern Untersuchung des Bétons ergab. Die Leistung dieser Maschine war wegen der so oft eintretenden und langen Pausen nicht bedeutend, woher solche Einrichtungen vorzuziehn sind, wobei ein ununterbrochener Betrieb möglich ist.

Dieses geschieht, indem die Trommel schräge gestellt wird, und an beiden Enden offen ist. Durch das obere führt man das Material ein, und aus dem untern tritt der fertige Béton aus. Jene Seitenklappe fällt dabei fort, man pflegt auch wohl das achtseitige Prisma in einen Cylinder zu verwandeln. Die Länge desselben mifst 12 bis 14 Fufs und sein innerer Durchmesser 3 bis 4 Fufs.

Eine andere Vorrichtung zur Béton-Bereitung, die man nicht mehr eine eigentliche Maschine nennen kann, bietet Gelegenheit die betreffenden Materialien zusammen von einer bedeutenden Höhe herabfallen zu lassen, jedoch so, dafs sie während des Falles vielfachen Hindernissen begegnen, wodurch sie zurückgehalten werden und in verschiedenartige Berührung mit einander kommen, so dafs sie sich innig vermengen.

Ein solches Fallwerk bestand bei den Hafenbauten im Havre in einer senkrecht aufgestellten, 15 Fufs hohen und etwa 20 Zoll weiten cylindrischen Röhre, durch welche in Abständen von etwa 3 Zoll diametrale Sprossen aus Rundeisen von 9 Linien Stärke hindurchgezogen waren. Diese Sprossen lagen aber nicht parallel unter einander, vielmehr war jede gegen die vorhergehende um 45 Grade versetzt. Es wurden jedesmal gleichzeitig solche Massen eingeworfen, dafs der untergeschobene Wagen die volle Ladung Béton erhielt.

Ein anderes ähnliches Fallwerk, welches man im nördlichen Deutschland vielfach benutzt, ist Fig. 264 auf Taf. XXI im Durchschnitt dargestellt. Eine 25 bis 30 Fufs hohe und 6 bis 8 Fufs breite Rüstung wird durch Zwischenwände in Abtheilungen von 6 bis 8 Fufs Länge getheilt. Jede derselben wird abwechselnd benutzt, so dafs bedeutende Quantitäten Béton gefertigt werden können. An den gegenüberstehenden Seiten jeder Abtheilung sind schiefe Ebenen angebracht, von denen die oberste durch eine Klappe geschlossen werden kann, so dafs sich hier ein Behälter bildet, in welchen die Materialien zu einer halben Schachtruthe Béton schichtenweise in dem beabsichtigten Verhältnisse eingeschüttet werden. Befindet sich

quantum darin, so löst man die Leine, durch welche die zurückgehalten wurde, und sogleich stürzt die Masse von neigten Ebene auf die andre, von wo sie aber immer so- ieder herabgleitet, und dadurch so vielfach in ihrer gegen- Berührung sich verändert, dafs in wenigen Secunden der gemengte Béton auf den unten angebrachten Dielenboden t. Diese Vorrichtung, so wie auch diejenige, welche im ngewendet wurde, erfordern indessen eine tiefe Lage der e, weil sonst das Heben der Steine und des Mörtels auf ung unverhältnifsmäfsige Kosten verursachen würde.

röhnlich sind die Maschinen, worin der Mörtel und on bereitet werden, getrennt gehalten, zuweilen hat man sen auch so verbunden, dafs der Mörtel aus der ersten Ma- nmittelbar in die zweite fällt, und hier nur die Steine zu- rerden dürfen, um den Béton fertig zu stellen. Eine derar- rdnung war zur Gewinnung der grofsen Béton-Massen für lirung der Schleusen des Ihle-Canales mit sehr gutem Er- roffen. Fig. 261 auf Taf. XX zeigt in *a* die Seiten-Ansicht, Grundrifs und in *c* den Querschnitt des Schuppens mit n aufgestellten Apparaten.

ol die Mörtel-Maschine wie die Béton-Maschine be- einem Cylinder von 12 Fufs Länge und 3 Fufs Weite. Beide durch eine locomobile Dampfmaschine von 8 Pferdekräften Treibriemen und gezahnter Räder in Bewegung gesetzt, wie den Zeichnungen ergiebt. Die Trommeln sind im Verhält- 12 gegen den Horizont geneigt, so dafs ihr oberes Ende afs höher liegt, als das untere. Sie haben keine durchge- Achsen, woher der innere Raum in ihnen frei bleibt, dage- en sie auf Frictionsrollen und erhalten die drehende Bewe- ch gezahnte Räder, die an ihren obern Enden sie umfassen. pherie-Geschwindigkeiten beider Trommeln betragen 1 Fufs ecunde, sie machen daher in der Minute etwa sechs Umdre-

Stäbe, welche die Trommeln bilden, sind 2 Zoll stark, und tehn die der obern Trommel aus Kiefern-, die der untern die wegen der hinzugekommenen Steine stärkeren Angriffen t sind, aus Eichen-Holz. Auf den innern Flächen beider n sind aus kurzen Winkeleisen drei Spiralen gebildet (in

Fig. *a* und *c* sichtbar), durch welche die eingeführten Materialien am sanften Herabgleiten verhindert, und so hoch gehoben werden, dafs sie beim Herabstürzen von diesen Schienen eine innige Verbindung eingehn.

In der obern Trommel wurde der Mörtel, in der untern der Béton bereitet. Der Mörtel bestand aus einem Theile künstlichen Portland-Cement und drei Theilen Sand. Zum Abmessen dienten flache Kasten die für den Sand einen halben, und für den Cement ein Sechstel Cubikfufs hielten. Solche wurden gefüllt und abgestrichen auf die Tische *A* und *B* gestellt, und ein dazwischen stehender Arbeiter schüttete abwechselnd den Inhalt eines Sand- und eines Cement-Kastens in die Trommel. Beide Materialien wurden also zunächst trocken gemengt, und nachdem durch Versuche festgestellt war, dafs eine gleichmäfsige Masse sich schon bildete, nachdem dieselbe den dritten Theil der Länge der Trommel durchlaufen hatte, so wurde hier das Wasser zugeleitet. Dieses geschah durch ein Rohr, welches aus dem Bottich *C* gespeist wurde und bei *D* mit einem Hahn versehn war, von hier aber in das untere Ende der Trommel eintrat, dieselbe der ganzen Länge nach durchlief, und an dem schrägen Trichter, durch welchen man die trocknen Materialien einschüttete, unterstützt wurde. Vier Fufs vom obern Rande der Trommel entfernt war die Ausflufsöffnung des Rohres in der Art eingerichtet, dafs das Wasser nach oben ausspritzte, der Strahl stiefs aber gegen eine 3 Zoll über der Oeffnung angebrachte Blechhaube, wodurch das Wasser in feinen Tropfen auf den hier vorübergehenden Cement und Sand herabfiel. Der Hahn *D* wurde von einem zuverlässigen Arbeiter, der dauernd daneben stand, so gestellt, dafs der aus der Trommel tretende Mörtel die verlangte Consistenz hatte.

Der fertige Mörtel fiel auf die zwischen beiden Trommeln befindliche geneigte Ebene, auf der ihm das nöthige Steinquantum zugesetzt wurde. Die Steine wurden auf Handkarren angefahren, die nachdem sie abgestrichen, genau 2 Cubikfufs hielten, deren Boden aber aus einem engen eisernen Roste bestand. Die gefüllten Karren wurden zunächst unter eine Pumpe geschoben und hier standen sie so lange, bis das Wasser aus ihnen ganz rein abflofs, also der Staub und die Erde, die an den Steinen haftete, abgewaschen war. Alsdann schob man die Karren durch das Eingangsthor *E* an jene ge-

neigte Ebene, und so oft ein Kasten Cement und ein Kasten Sand oben eingeschüttet war, was durch eine Glocke angezeigt wurde, stürzte man den halben Inhalt der Karre auf diese Ebene.

Der Mörtel wie die Steine fielen von der geneigten Ebene in die untere Trommel oder in die Béton-Maschine, und wenn die Steine auch in gröfseren Massen periodisch hinzutreten, während der Mörtel sehr gleichmäfsig hineinflofs, so vermengten sich Beide beim Durchlaufen der Trommel doch so vollständig, dafs in dem fertigen Béton keine Ungleichmäfsigkeit bemerkt werden konnte. Dieser fiel aus der untern Trommel über eine bewegliche Klappe, unmittelbar in die darunter stehende Handkarre, und sobald letztere gefüllt war, legte man die Klappe um, so dafs sie nunmehr den Béton auf der andern Seite ausschüttete, wo man inzwischen eine leere Karre untergestellt hatte. In dieser Weise setzte sich die Mörtel- und Béton-Bereitung ohne Unterbrechung fort, wenn nicht etwa in dem Transport und der unmittelbar darauf statt findenden Versenkung des Bétons eine kurze Stockung eintrat, in welchem Falle die Locomobile angehalten werden mufste. Hiervon abgesehn hängt die Leistungs-Fähigkeit der Maschine davon ab, wie schnell der zwischen den Tischen *A* und *B* stehende Arbeiter die Sand- und Cement- Kasten auszuschütten vermag. Bei regelmäfsigem Gange wurden in der Stunde $2\frac{1}{2}$ Schachtruthen Béton gefertigt.

Wenn der Béton nicht vorschriftsmäfsig durchgearbeitet war, so dafs nicht sämmtliche Steine sich mit Mörtel überzogen hatten, was jedesmal beim Beginn der Arbeit der Fall war, auch sonst gelegentlich vorkam, so wurde die Karre mit dem unfertigen Béton wieder an die geneigte Ebene zwischen beiden Trommeln zurückgeschoben und ihr Inhalt in die Béton-Maschine geworfen, so dafs dieselben Steine nochmals diese durchliefen.

Die untere Trommel, obwohl sie aus eichenen Stäben zusammengesetzt war, nutzte sich so stark ab, dafs sie, nachdem 1400 Schachtruthen Béton hindurchgegangen waren, erneut werden mufste. Bei ausgedehntem Gebrauche dürfte es sich daher empfehlen, sie im Innern mit Blech zu verkleiden.

Es verdient erwähnt zu werden, dafs diese Maschinen bei ihrer ersten Anwendung während eines recht starken Frostes in Betrieb erhalten werden mufsten. Die Béton-Fundirung der Bergzower Schleuse im Ihle-Canale sollte vor dem Winter von

1866 auf 1867 fertig sein, damit die Uebermaurung im nächsten Sommer erfolgen konnte, äufsere Umstände hatten indessen den Anfang der Arbeit früher unmöglich gemacht, und bei der milden Witterung entschlofs man sich die Bétonirung am 27. December zu beginnen. Unglücklicher Weise trat indessen bald ein starker Frost ein, der sich mehrere Tage hindurch bis auf — 10 Grad R. steigerte. Der Schuppen, dessen Thüren freilich immer geöffnet bleiben mufsten, wurde durch mehrere eiserne Oefen geheizt, auch war dafür gesorgt, dafs wenigstens Sand und Cement lange Zeit im Schuppen lagerten, also eine mäfsige Temperatur annahmen, dasselbe geschah mit dem Wasser im Reservoir. Die Steine, zu deren Ablagerung kein Raum vorhanden war, mufsten freilich stets von aufsen beigefahren werden. Die Mörtel- und Béton- Bereitung erfolgte jedoch ohne Störung, und damit der fertige Béton nicht etwa während des Abfahrens gefrieren möchte, wurde an den kältesten Tagen jede Karre mit erwärmten Säcken überdeckt. Am 17. Januar war die Béton-Versenkung beendigt, und als man bei Beginn des folgenden Sommers die Baugrube auspumpte, zeigte sich das Bétonbette vollständig wasserdicht und erhärtet.

§. 48.
Béton-Fundirung.

In vielen Fällen ist der Zudrang des Wassers zur Baugrube so stark, dafs man dieselbe nicht trocken legen kann, und sonach die Fundirung nach den gewöhnlichen Methoden nicht ausführbar ist, zuweilen darf man aber, wenn die Beseitigung des Wassers auch möglich wäre, doch nicht die Schöpfmaschinen mit voller Kraft wirken lassen, weil die starken Quellen leicht die natürliche Festigkeit und Tragfähigkeit des Bodens beeinträchtigen. Wenn dieses zu besorgen, mufs man eine Fundirungs-Art wählen, wobei das Wasserschöpfen entbehrlich wird. Einige hierher gehörige Methoden, die jedoch nur selten Anwendung gefunden haben, auch in ihren Erfolgen nicht ganz sicher sind, sind bereits erwähnt, von andern wird später die Rede sein, vorzugsweise gehört aber hierher die Fundirung in Béton.

Aus den vorstehenden Mittheilungen ergiebt sich schon, dafs r Béton unter Wasser erhärtet und sogar ein sehr festes Mauer- rk darstellt, obwohl ihm der künstliche Verband der Steine ganz lt, auch die Fugen, wie sie sich zufällig gebildet und mit Mörtel füllt haben, verhältnifsmäfsig sehr grofs sind. Wenn dieses Mauer- rk sich daher auch theurer und wegen des fehlenden Verbandes gar weniger fest, als gewöhnliches herausstellt, so hat es doch n grofsen Vorzug, dafs es unter Wasser ausführbar ist, also die asserwältigung wenigstens so lange entbehrlich macht, bis die Sohle r Baugrube überdeckt und die hier befindlichen Quellen gestopft nd. Diese Methode ist indessen keineswegs neu, da nach Bélidor *) hon im Jahre 1748 ein Hafendamm bei Toulon auf Béton fundirt urde.

Das Verfahren ist dabei im Allgemeinen dieses. Die nöthige rtiefung der Baugrube wird nicht sowol durch Graben, als durch aggern bewirkt, wobei das Wasserschöpfen entbehrlich ist, oder ch nur in geringem Maafse einzutreten braucht. Alsdann erfolgt ie Umschliefsung durch eine Spundwand oder in andrer Weise, nd hierauf die Versenkung des Béton-Bettes in angemessener Stärke. auptbedingung ist, dafs während dieser Versenkung und bis zur ollständigen Erhärtung des Bétons, also während mehrerer Monate, ie Schöpfmaschinen aufser Thätigkeit bleiben, denn wenn während ieser Zeit der Wasserstand in der Baugrube erheblich gesenkt, nd dadurch die Quellen in Thätigkeit versetzt werden, so durch- ringen sie auch den noch weichen Mörtel im Béton und spülen enselben aus, wodurch sie freien Zutritt zur Baugrube sich eröffnen nd der Zweck der Bétonbettung verfehlt wird.

So lange der Béton noch weich ist, mufs man jede Strömung n ihm entfernt halten, weil dadurch der Mörtel nicht nur aufge- st, sondern selbst fortgespült würde. Dieselbe Wirkung könnte ch schon eintreten, wenn man den Béton durch das Wasser frei indurchfallen lassen wollte, wobei sogar nicht nur der Mörtel aus- espült, sondern wegen der Verschiedenheit der specifischen Gewichte, elche gewöhnlich zwischen dem Mörtel und den Steinen besteht, ürden beide sogar in der nachtheiligsten Weise sich trennen. Beim ersenken mufs daher der Béton in geschlossener Masse auf die

*) *Architecture hydraulique. Tome IV. p.* 187.

Sohle der Baugrube so versenkt werden, dafs er mit dem darüber stehenden Wasser möglichst wenig in Berührung kommt.

Die Versenkung geschieht hiernach entweder in Trichtern oder in Kasten. Die Trichter bestehn gewöhnlich in hölzernen prismatischen Röhren von quadratischem Querschnitt, in welche man den Béton einschüttet. Sie werden auf bewegliche Gerüste in der Art gestellt, dafs ihr Fufs oder ihr unterer Rand die Oberfläche der zu schüttenden Bétonlage nahe erreicht. Der unten austretende Béton wird in gleicher Art, wie eine Sandschüttung, keineswegs sich seitwärts über die ganze Baugrube verbreiten, sondern vielmehr nur unter dem Trichter eine abgestutzte Pyramide bilden, deren obere Grundfläche mit der untern Oeffnung des Trichters übereinstimmt und deren Seitenflächen der Böschung entsprechen, welche der Béton unter Wasser annimmt. Hat ein solcher Körper sich gebildet, so hört das weitere Ausfliefsen des Bétons aus dem Trichter auf, und nur wenn letzterer verschoben wird, stellt sich aufs Neue eine Anschüttung dar und dehnt den pyramidalen Körper in derjenigen Richtung weiter aus, wohin der Trichter verschoben wurde. Auf solche Art läfst sich durch das Fortrücken des Trichters ein Streifen Béton quer über die Baugrube darstellen, und wenn man hierauf wieder die ganze Bahn, welche den Trichter trägt, so weit verschiebt, dafs die untere Mündung des Trichters vor die Oberkante des bereits dargestellten Streifen vortritt, und läfst wieder den Trichter langsam sich über die Bahn bewegen, so legt sich ein zweiter Streifen neben den ersten. Auf diese Art kann man die ganze Sohle der Baugrube nach und nach bedecken oder die beabsichtigte Schicht regelmäfsig darstellen. Man giebt indessen einer solchen gewöhnlich nicht die volle Stärke, welche das ganze Bétonbette haben soll, sondern nur etwa die Hälfte oder den dritten Theil derselben, und sonach müssen noch andere Schichten in gleicher Art darüber gelegt werden. Dabei mufs man die obern Streifen so legen, dafs sie die Fugen der untern überdecken, weil die Fugen wegen der längeren Berührung mit dem Wasser weniger sicher geschlossen sind.

Um den Trichter bequem aufstellen und bewegen zu können, legt man gewöhnlich, wie Fig. 265 in *a* und *b* auf Taf. XXI zeigt, auf die Seitenwände der Baugrube drei unter einander verbundene Balken, von denen zwei mit Schienen versehn sind, worauf der kleine Wagen läuft, der den Trichter trägt, und der mittelst der an beiden

Enden der Rüstung aufgestellten Winden hin und hergezogen werden kann. Der dritte Balken bildet in Verbindung mit dem mittleren eine Laufbrücke, von welcher aus der Trichter gefüllt wird. Die kurzen Schwellen, worauf die drei Balken liegen, sind gleichfalls mit Rädern versehn und diese laufen auf Schienen, die auf die Spundwände befestigt sind.

Ist die Baugrube so breit, dafs sie selbst mit armirten Trägern nicht überspannt werden kann, oder fehlt ihr eine hinreichend hohe und feste Seitenwand, so dafs solche Schiebe-Bühne sich nicht aufstellen läfst, so mufs man den Trichter zwischen zwei Fahrzeuge hängen, die in der Baugrube schwimmen. Eine Einrichtung dieser Art war beim Bau der Schleuse St. Valery sur Somme getroffen. *) Hierbei trat aber die Schwierigkeit ein, den Trichter immer in gleicher Höhe zu erhalten, da eines Theils der Wasserstand in der Baugrube nicht constant war, hauptsächlich aber auch die Fahrzeuge bald mehr und bald weniger tief eintauchten, jenachdem sie gerade durch den aufgeschütteten Béton schwerer oder leichter belastet waren. Um diese Abweichungen auszugleichen, brachte man an beiden Seiten zehn grofse Tonnen an, die auf dem Wasser schwammen und die man mittelst langer Winkelhebel herabdrücken konnte. Geschah dieses, so trugen dieselben einen Theil der Belastung und die Fahrzeuge hoben sich. Auf diese Art war es möglich, durch angemessenes Anziehn der Hebelarme die Fahrzeuge mit dem Trichter immer in derselben Höhe zu erhalten. Mittelst dieser Vorrichtung konnte man indessen nicht bis an den Rand der Baugrube gelangen, und um auch hier den Béton zu versenken, legte man die Rüstung, welche den Trichter trug, an einer Seite auf ein Fahrzeug und an der andern auf einen Wagen, der auf einer Bahn am Ufer sich bewegte.

Man giebt den Trichtern, deren Zusammensetzung Fig. 165 in *a* und *b* und besonders in dem horizontalen Durchschnitt *c* mit genügender Deutlichkeit erkennen läfst, einen quadratischen oder rechtwinkligen Querschnitt von 2 bis 4 Fufs Seite, der in der ganzen Höhe sich gleich bleibt, wenn nicht vielleicht oben die Ränder etwas übertreten um das Einschütten zu erleichtern. Die engeren Trichter pflegt man sogar nach unten hin in ihren Seiten um 1 bis 2 Zoll zu erweitern, um zu verhindern, dafs der Béton nicht durch das

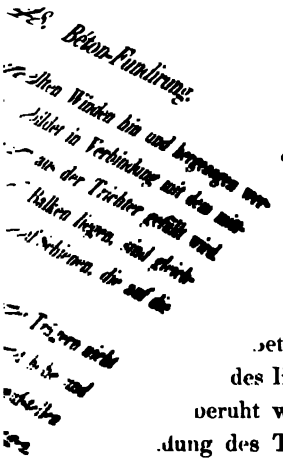
*) *Annales des ponts et chaussées.* 1832. *I. p.* 52.

Sohle der Baugrube so versenkt werden, dafs ... d, sobald der stehenden Wasser möglichst wenig in P... üherer Zeit ver-

Die Versenkung geschieht hiernach en... h unten vereinigte. in Kasten. Die Trichter bestehn gew... d, und man ist daher matischen Röhren von quadratischem den Béton einschüttet. Sie werden ...er den Wasserspiegel der Art gestellt, dafs ihr Fufs oder ih... amit sowol der nöthige Druck zu schüttenden Bétonlage nahe er... als auch verhindert wird, dafs wird in gleicher Art, wie eine S... ch darüber stehendes Wasser nicht über die ganze Baugrube ve... end der Nacht oder aus andern Grün- Trichter eine abgestutzte P... chlt es sich, namentlich wenn man Ce- der untern Oeffnung de... n Trichter vollständig zu entleeren. Bei flächen der Böschung e... sicht weniger geboten, wenn die Unterbr- nimmt. Hat ein solch... dauert, da dieser in etwa 10 Stunden noch fliefsen des Bétons ...ht, dafs wirkliche Nachtheile besorgt werden schoben wird, s... ig ist es indessen, auch ihn während dieser den pyramidal... hig stehn zu lassen, vielmehr den Wächter zu der Trichter ... etwa alle 2 Stunden durch mäfsiges Anziehn der das Fortrü... de den Trichter etwas fortrückt.

Baugrube ...llen des leeren Trichters darf man den Béton nicht Bahn, v... einschütten, weil er beim freien Hindurchfallen durch untere ... sehr ausgewaschen und in seiner Verbindung gelöst gestell... man mufs ihn vielmehr in Kübeln oder Kasten ver- sich i... solche nachstehend beschrieben werden. Diese Art der den ... so lange fortzusetzen, bis das Niveau des Wasserstandes nach ...grube erreicht ist.

da ... lange der Béton sich in dem Trichter befindet, ist er der v... rung mit Wasser vollständig entzogen, beim Austreten aus der e... ung schiebt er sich dagegen in dünnen Schichten über die Dos- ...ung der früheren Schüttung fort, und ohne Zweifel ist ein starkes Auswaschen des Mörtels alsdann unvermeidlich. Um dieses zu ver- ...ndern, oder wenigstens zu mäfsigen, hat man auf einzelnen Bau- ...stellen in Frankreich versucht, durch geneigte Tafeln vor und zur Seite der untern Mündung des Trichters, die Dossirungen zu über- decken. Es ist indessen nicht anzunehmen, dafs dadurch ein merk- licher Vortheil erreicht werden kann, da beim Vorrücken des Tri- ...ters das Wasser gewifs mit grofser Heftigkeit in den zunächst noch leeren Raum unter den Tafeln einströmt. Hierzu kommt aber, dafs



ckgehn des Trichters, wenn dabei die
gezwungen ist, die eine Klappe
te zu legen.

ntern Mündung des Trich-
ese herabreichen. Eine geht
ihm. Die letztere drückt auf
d comprimirt ihn nicht nur, son-
rückgehn thut dieses dagegen die an-
n Bewegung die vordere war. Das auf
ette zeigt eine so ebene Oberfläche, wie
des Bétons in Kasten nicht dargestellt werden
beruht wohl besonders der Vorzug, den man viel-
dung des Trichters einräumt.

ch verschieden ist die Versenkung des Bétons, wenn
lben über Wasser in gewisse Gefäfse schüttet, und
sdann auf die Sohle der Baugrube herabläfst und sie hier
ert. Es werden dadurch einzelne Haufen neben einander ge-
idet, die sich in ihren Dossirungen überdecken, und sonach wieder
usammenhängende Streifen bilden. Die Oberfläche derselben ist
ber keineswegs so eben, wie beim Gebrauch des Trichters mit den
Walzen. Für die untern Schichten ist diese Unregelmäfsigkeit ohne
achtheil, weil die darüber versenkten alle Vertiefungen wieder fül-
n, aber selbst für die obere Schicht ist die vollständige Ausebnung
ein dringendes Bedürfnifs, da bei der spätern Uebermaurung solche
icht dargestellt werden kann. Man pflegt indessen auch die obere
chicht unmittelbar nach dem Versenken des Bétons, also während
erselbe noch weich ist, mittelst einer schweren eisernen Scheibe
i einer hölzernen Stange anzudrücken und ihn hierdurch einiger-
afsen zu ebnen. Man darf diesen Apparat jedoch nicht als Stampfe
nutzen, weil alsdann das Wasser in starke Bewegung versetzt und
e leicht löslichen Theile des Mörtels ausspülen würde. Jedenfalls
ifs man beim Versenken die am untern Ende mit einer kleinen
heibe versehene Peilstange vielfach gebrauchen, um sich zu über-
ugen, dafs die unvermeidlichen Unebenheiten nicht zu bedeutend
erden. Entdeckt man irgendwo grofse Vertiefungen, so sind sol-
e noch nachträglich zu füllen.

Die Gefäfse, in welchen man den Béton versenkt, sind sehr
rschieden. Zuweilen sind es Eimer, die von den gewöhnlichen

starke Anhaften an den Wänden zurückgehalten wird, sobald der untere Theil des Trichters sich entleert. Die in früherer Zeit versuchte Anordnung, wobei der Trichter sich nach unten verengte, war aus dem angegebenen Grunde nicht passend, und man ist daher gegenwärtig ganz davon zurückgekommen.

Die Trichter müssen immer bis über den Wasserspiegel der Baugrube mit Béton gefüllt bleiben, damit sowol der nöthige Druck auf die austretende Masse ausgeübt, als auch verhindert wird, dafs der Béton beim Durchfallen durch darüber stehendes Wasser nicht leidet. Wird die Arbeit während der Nacht oder aus andern Gründen unterbrochen, so empfiehlt es sich, namentlich wenn man Cement-Mörtel anwendet, den Trichter vollständig zu entleeren. Bei Trafsmörtel ist diese Vorsicht weniger geboten, wenn die Unterbrechung nicht zu lange dauert, da dieser in etwa 10 Stunden noch nicht so stark abbindet, dafs wirkliche Nachtheile besorgt werden könnten. Zweckmäfsig ist es indessen, auch ihn während dieser Zeit nicht ganz ruhig stehn zu lassen, vielmehr den Wächter zu instruiren, dafs er etwa alle 2 Stunden durch mäfsiges Anziehn der betreffenden Winde den Trichter etwas fortrückt.

Beim Anfüllen des leeren Trichters darf man den Béton nicht unmittelbar hineinschütten, weil er beim freien Hindurchfallen durch das Wasser zu sehr ausgewaschen und in seiner Verbindung gelöst werden würde, man mufs ihn vielmehr in Kübeln oder Kasten versenken, wie solche nachstehend beschrieben werden. Diese Art der Füllung ist so lange fortzusetzen, bis das Niveau des Wasserstandes in der Baugrube erreicht ist.

So lange der Béton sich in dem Trichter befindet, ist er der Berührung mit Wasser vollständig entzogen, beim Austreten aus der Mündung schiebt er sich dagegen in dünnen Schichten über die Dossirung der früheren Schüttung fort, und ohne Zweifel ist ein starkes Auswaschen des Mörtels alsdann unvermeidlich. Um dieses zu verhindern, oder wenigstens zu mäfsigen, hat man auf einzelnen Baustellen in Frankreich versucht, durch geneigte Tafeln vor und zur Seite der untern Mündung des Trichters, die Dossirungen zu überdecken. Es ist indessen nicht anzunehmen, dafs dadurch ein merklicher Vortheil erreicht werden kann, da beim Vorrücken des Trichters das Wasser gewifs mit grofser Heftigkeit in den zunächst noch leeren Raum unter den Tafeln einströmt. Hierzu kommt aber, dafs

n beim jedesmaligen Zurückgehn des Trichters, wenn dabei die
ittung fortgesetzt werden soll, gezwungen ist, die eine Klappe
r Tafel an die entgegengesetzte Seite zu legen.

Die Figuren zeigen noch neben der untern Mündung des Trich-
s zwei Walzen, die etwas tiefer als diese herabreichen. Eine geht
n Trichter voran, die andere folgt ihm. Die letztere drückt auf
i frisch ausgeflossenen Béton und comprimirt ihn nicht nur, son-
n ebnet ihn auch. Beim Zurückgehn thut dieses dagegen die an-
e Walze, die bei der ersten Bewegung die vordere war. Das auf
che Art überwalzte Bette zeigt eine so ebene Oberfläche, wie
durch Versenkung des Bétons in Kasten nicht dargestellt werden
nn, und hierauf beruht wohl besonders der Vorzug, den man viel-
h der Anwendung des Trichters einräumt.

Wesentlich verschieden ist die Versenkung des Bétons, wenn
an denselben über Wasser in gewisse Gefäfse schüttet, und
ese alsdann auf die Sohle der Baugrube herabläfst und sie hier
tleert. Es werden dadurch einzelne Haufen neben einander ge-
ldet, die sich in ihren Dossirungen überdecken, und sonach wieder
sammenhängende Streifen bilden. Die Oberfläche derselben ist
er keineswegs so eben, wie beim Gebrauch des Trichters mit den
alzen. Für die untern Schichten ist diese Unregelmäfsigkeit ohne
chtheil, weil die darüber versenkten alle Vertiefungen wieder fül-
, aber selbst für die obere Schicht ist die vollständige Ausebnung
in dringendes Bedürfnifs, da bei der spätern Uebermaurung solche
cht dargestellt werden kann. Man pflegt indessen auch die obere
hicht unmittelbar nach dem Versenken des Bétons, also während
rselbe noch weich ist, mittelst einer schweren eisernen Scheibe
einer hölzernen Stange anzudrücken und ihn hierdurch einiger-
afsen zu ebnen. Man darf diesen Apparat jedoch nicht als Stampfe
nutzen, weil alsdann das Wasser in starke Bewegung versetzt und
leicht löslichen Theile des Mörtels ausspülen würde. Jedenfalls
ifs man beim Versenken die am untern Ende mit einer kleinen
eibe versehene Peilstange vielfach gebrauchen, um sich zu über-
gen, dafs die unvermeidlichen Unebenheiten nicht zu bedeutend
rden. Entdeckt man irgendwo grofse Vertiefungen, so sind sol-
noch nachträglich zu füllen.

Die Gefäfse, in welchen man den Béton versenkt, sind sehr
schieden. Zuweilen sind es Eimer, die von den gewöhnlichen

sich nur dadurch unterscheiden, dafs die Bügel nicht an dem oben Rande, sondern tiefer abwärts, nämlich wenig oberhalb des Schwerpunktes des mit Béton gefüllten Eimers befestigt sind. Sie lassen sich alsdann durch Leinen, die an die Böden angesteckt sind, leicht umkehren und entleeren. In ähnlicher Art werden auch prismatische Kasten behandelt, die man vielfach benutzt. Sie hängen mittelst Tauen an zwei Zapfen in den Seitenbrettern; damit sie sich aber beim Anziehn der am Boden befestigten Leine leicht umdrehn, und entleeren, so giebt man ihnen einen trapezförmigen Querschnitt, oder oben eine gröfsere Breite hat, als unten.

Diese Eimer und Kasten sind jedoch, wenn man damit gröfsere Massen Béton versenken will, nicht leicht zu entleeren, aufserdem verändern sie beim Umkippen häufig ihre Lage, so dafs die Haufen sich nicht regelmäfsig neben einander stellen, man wählt daher lieber Kasten die statt der festen Böden mit beweglichen Klappen versehn sind, man öffnet diese, sobald die Kasten bis zur Sohle der Baugrube herabgelassen sind. Es kommt hierbei wieder darauf an, eine vielfache Berührung des Bétons mit dem Wasser zu vermeiden, der Kasten mufs sich daher entleeren, während seine Entfernung vom Boden möglichst geringe ist. Zu diesem Zwecke bringt man oft zwei Klappen an, die geschlossen nicht in eine Ebene fallen, vielmehr unter einem rechten Winkel gegen einander geneigt sind. Fig. 262 *a* und *b* auf Taf. XX ist ein solcher Kasten in zwei Seiten-Ansichten dargestellt. Sobald er bis auf einige Zolle dem Grunde sich genähert hat, so werden die beiden Haken, durch welche die eine Klappe an beiden Enden gehalten wird, mittelst der daran befestigten Leinen gelöst, und dadurch schlagen beide Klappen soweit zurück, wie Fig. 262 *a* in den punktirten Linien zeigt. Ist der leere Kasten demnächst wieder aufgezogen, so werden beide Klappen gehoben, und die Haken eingestellt. Diejenige Klappe, welche von den Haken gehalten wird, greift über die andre über und hält dadurch auch diese in ihrer Lage.

Am zweckmäfsigsten ist unbedingt die auf Fig. 263 dargestellte Anordnung, die gegenwärtig auch ziemlich allgemein gewählt wird. Der Kasten besteht dabei aus zwei Viertel-Cylindern, die in der Achse unter sich verbunden, und an den auswärts vortretenden Enden derselben aufgehängt sind. Aufserdem sind an ihnen noch Ketten befestigt, und indem man diese zusammen anzieht, so öffnet

d entleert sich der Kasten, selbst wenn er schon unmittelbar den und berührt, der freie Fall des Bétons durch das Wasser ist also rbei auf das geringste Maafs zurückgeführt. Dieser Kasten be-f auch keiner besondern Vorrichtung zum Schliefsen, er schliefst h vielmehr von selbst, sobald nur jene Doppel-Kette nicht ange-gen wird, auch wenn er gefüllt ist, hat er keine Tendenz sich öffnen. Er besteht gewöhnlich aus Eisenblech.

Fig. 263 *a* und *b* zeigen noch, in welcher Weise die Füllung, wie die Senkung und das Heben des Kastens ausgeführt wird. hängt an zwei starken Tauen, die über die Welle einer Winde schlungen sind, und letztere wird durch ein Getriebe mittelst zwei rbeln bewegt. An der Achse der Winde ist ein Sperr-Rad ange-acht, um den Kasten in der passenden Höhe zu halten. Man bt ihn so hoch, dafs seine Oberkante so eben unter die Verschwel-ng des Winde-Gerüstes reicht. Die am Cylinder-Mantel des Ka-ens befestigten Ketten werden zur Seite geschoben, und der Kasten it Béton gefüllt. Geschieht dieses mittelst gewöhnlicher Handkar-n, so werden dieselben so weit an das Winde-Gerüst geschoben, fs das Rad dagegen stöfst, damit aber bei dem Ausstürzen nach rn das Rad nicht zurückläuft, so wird hinter dasselbe ein hölzer-r Keil, der mit einem Stiel versehn ist, untergeschoben. Bei dem nmehr erfolgenden Verstürzen wird die Karre so weit umge-hlagen, dafs deren Handhaben sich auf den Riegel legen, der die eiden horizontalen Holme des Winde-Gerüstes mit einander ver-indet. Die Karre entleert sich alsdann vollständig über das Kopf-rett, welches das Rad überdeckt, und ihr Inhalt stürzt sicher in en Kasten. Bei der Gröfse des in den Figuren 263 dargestellten Kastens faſst derselbe 12 Cubikfufs, und 5 bis 6 Karren sind erfor-erlich, um ihn mit geringer Ueberhäufung zu füllen. Hierbei mufs och mittelst eines Rechens oder einer Hacke der Béton in die Ecken eschoben werden, die sonst leer bleiben würden.

Nunmehr löst man die Sperrhaken und läfst den Kasten lang-am herab. Wenn sein oberer Rand das Wasser berührt, und dieses afängt, die Unebenheiten der Oberfläche des Bétons auszufüllen, a mufs die Senkung möglichst langsam erfolgen, um ein heftiges inströmen zu verhindern, wobei der Mörtel ausgewaschen werden önnte. Nachdem der Kasten sich auf die Sohle der Baugrube oder f den bereits früher versenkten Béton aufgestellt hat, so werden

die Curbeln in derselben Richtung noch weiter gedreht, so dafs die Winde noch etwa eine Umdrehung macht. Alsdann zieht der Vorarbeiter, der hinter dem Winde-Gerüst steht, das Mittel-Tau, mit welchem die an den Cylinder-Mantel befestigten Ketten verbunden sind, scharf an, indem er die Windungen desselben auf der Welle nachzieht, und das Ende dieses Taues anholt. Werden nun die Curbeln im entgegengesetzten Sinne gedreht, so dafs der Kasten sich hebt, so hängt dieser zunächst nur an dem Mittel-Tau, indem die beiden Seitentaue, die ihn an der Achse fassen, schlaff sind. Er öffnet sich daher und nimmt die Stellung an, die Fig. 263 *c* zeigt. Die cylindrischen Kasten-Wände werden also unter dem Béton hervorgezogen, so dafs dieser zum Theil nur in der Höhe der Wandstärke durch das Wasser fällt.

Ist der Kasten bis über das Wasser gehoben, so wird das Mittel-Tau nachgelassen, worauf der Kasten sich wieder schliefst. Bevor derselbe aufs Neue gefüllt wird, schiebt man aber das Windegerüst, welches zu diesem Zweck auf Rädern steht, die auf Schienen laufen, um die Länge des Kastens vor, und damit hierbei keine Irrung eintritt, so sind auf der Brücke die betreffenden Marken schon vorher kenntlich bezeichnet. In dieser Weise bildet sich ein ziemlich gleichmäfsiger Béton-Streifen über die ganze Breite der Baugrube, und damit sich an dieser der nächste genau anschliefst, so wird nunmehr die ganze Brücke, welche mit der oben (bei Gelegenheit der Versenkung durch Trichter) beschriebenen genau übereinstimmt, um die Breite eines Streifen vorgeschoben. Auch diese Entfernungen sind an den Bahnen, worauf die Räder der Brücke laufen, vorher deutlich und scharf markirt. Bei Ausführung der Béton-Bettungen für die drei Schleusen am Ihle-Canale geschah die Versenkung des Bétons in der bezeichneten Weise.

Zuweilen hat man diese halbcylindrischen Kasten auch aus Holz dargestellt, dabei pflegt aber der Uebelstand einzutreten, dafs sie von selbst aufschwimmen, nachdem sie sich entleert haben, wobei die Taue leicht in Unordnung kommen. Um das Herablassen zu erleichtern hat man auch Bremsvorrichtungen an den Winden angebracht, was bei grofsen Kasten gewifs vortheilhaft ist. Je gröfser dieselben sind, um so weniger tritt der Béton mit dem Wasser in Berührung, da die Oberfläche nicht dem cubischen Inhalte proportional ist. Man benutzt daher zuweilen Kasten, die 24 bis 30 Cu-

bikfufs fassen. Es läfst sich indessen dabei doch immer eine vielfache Berührung mit dem Wasser nicht vermeiden, welche eintritt, wenn der ausfliefsende Béton die zu seiner Unterstützung nöthigen Dossirungen annimmt. Die Frage, ob die Versenkung durch Trichter oder durch Kasten vorzuziehn sei, ist zur Zeit noch nicht entschieden, jedenfalls ist es aber zweckmäfsig letztere zu wählen, wenn die Versenkung von Fahrzeugen aus erfolgt, weil diese bei der periodisch wechselnden Belastung mit Béton in verschiedene Tiefe eintauchen.

Die aus dem Mörtel ausgewaschenen Theile sind so fein, dafs sie einige Zeit hindurch im Wasser schweben, doch schlagen sie bald als eine schlammige Masse nieder. Vermöge ihres geringeren specifischen Gewichtes schiebt der frisch eingeschüttete Béton dieselbe vor sich her, so lange sie nur eine dünne Schicht bildet und noch weich und flüssig ist. Mit der Zeit nimmt sie aber eine gröfsere Consistenz an, alsdann weicht sie nicht mehr aus, und da sie nicht wie der Mörtel erhärtet, so unterbricht sie den wasserdichten Zusammenhang der nach einander versenkten Béton-Massen, und giebt Veranlassung zu starken Quellungen, sobald man später die Baugrube trocken legt. Um dieses zu verhindern empfiehlt es sich, das Schütten der einzelnen Lagen möglichst schnell auf einander folgen zu lassen, damit der Schlamm, der sich auf die untere Schicht absetzt, noch dünnflüssig ist, also ausweichen kann, sobald die Ueberdeckung durch die nächste Schicht erfolgt. Es ist daher passend eben so viele Versenkungs-Vorrichtungen anzuwenden, als man Schichten über einander legen will, und dieselben in möglichst geringen Abständen gleichzeitig im Betriebe zu erhalten. Dabei ist es freilich nothwendig, die Béton-Fabrikation in entsprechender Weise auszudehnen, damit es nicht am nöthigen Material zur Versenkung fehlt.

Mehrfach hat man versucht diesen Schlamm in andrer Weise zu entfernen. Beim Abkehren durch Drahtbesen wird er indessen nur im Wasser vertheilt, zweckmäfsiger ist es ihn mittelst Sackbaggern zu heben, und am vortheilhaftesten dürfte es sein, ihn abzupumpen.

Es mag noch erwähnt werden, dafs aus dem Béton sich auch Gase zu entwickeln pflegen, die, indem sie durch den weichen Schlamm dringen, bisweilen röhrenförmige Niederschläge des letz-

tern veranlassen, welche nach Trockenlegung der Baugrube ein knollenartiges Gefüge zeigen.

Um das ganze Verfahren bei der Bétonfundirung zu beschreiben, wähle ich zuerst den Fall, dafs der Baugrund aus Sand oder Kies besteht, und setze voraus, dafs sich sehr starke Quellen in demselben bilden würden, wenn man die Fundirung in gewöhnlicher Art vornehmen und das Wasser auspumpen wollte. Diese Quellen lockern aber den Sand auf und vermindern daher die Tragfähigkeit des Bodens, woher die Pumpen nicht früher in Thätigkeit gesetzt werden dürfen, als bis man den Béton aufgebracht hat und derselbe so vollständig erhärtet ist, dafs die Quellen nicht mehr hindurchdringen können. Man gräbt gewöhnlich den Boden bis zu derjenigen Tiefe aus, die man ohne Anwendung von Schöpfmaschinen erreichen kann. Alsdann müssen Baggermaschinen aufgestellt werden. Die nähere Beschreibung derselben ist im dritten Theile dieses Werkes gegeben, hier mag nur bemerkt werden, dafs man durch sie auch recht ebene Flächen darstellen kann, die wenigstens keine Erhebungen zeigen, die gröfser als etwa 3 Zoll sind. Man könnte in ähnlicher Art, wie §. 43 bei Gelegenheit des Brückenbaus zu Moulins beschrieben ist, auch durch Abstreichen eine noch vollständigere Einebnung hervorbringen, auch würde, falls das Wasser sehr trübe ist und sonach ein starkes Absetzen von Baggerschlamm befürchtet werden müfste, eine Ueberschüttung mit grobem Kies vortheilhaft sein, wozwischen der Schlamm sich lagern kann, ohne den Béton darüber zu verunreinigen. Dieses Verfahren ist bei der Fundirung der Eingangsschleuse in den Canal St. Martin wirklich in Anwendung gekommen. *)

Falls der Boden nicht aus sehr feinem Sande besteht, so kann man selbst bei durchlässigem Untergrunde den Wasserspiegel durch Auspumpen bis zu einer gewissen Tiefe und oft einige Fufs tief senken, ohne die Tragfähigkeit des Bodens zu beeinträchtigen. Der hierdurch erreichte Vortheil ist zuweilen sehr bedeutend, indem alsdann die Graben-Arbeit weiter fortgesetzt werden darf, die gemeinhin viel wohlfeiler als die Baggerung ist, aufserdem gewinnt man auch, wenn später die Pumpen aufser Thätigkeit gesetzt werden, eine Wassertiefe, in welcher die Baggermaschinen schwimmen können.

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1832. *I. p.* 87.

Um jedoch sicher zu sein, dafs die statthafte Grenze nicht überschritten wird, thut man wohl, an einzelnen Punkten der Baugrube Eisenstangen ohne scharfe Spitzen an unbewegliche Rüstungen in lothrechter Stellung und so zu befestigen, dafs sie frei herabsinken können. Durch feste Marken an den Rüstungen bezeichnet man die Höhen der Köpfe der Stangen, und beobachtet diese während des tiefern Ausgrabens. Sobald einige Auflockerung des Bodens eintritt, sinken die Stangen herab, und alsdann darf das Graben nicht weiter fortgesetzt werden, vielmehr mufs die Vertiefung durch Baggern beginnen.

Die Baugrube mufs in der Sohle diejenige Ausdehnung haben, welche man für die Fundirung bestimmt hat, auch müssen ihre Seiten so dossirt sein, dafs kein Einstürzen der Ufer zu besorgen ist. Erst wenn diese Erdarbeiten ausgeführt sind, geht man zum Einrammen der Spundwände über, die alsdann regelmäfsiger und schliessender sich darstellen lassen, als wenn man sie zuerst ausgeführt, und später die Baugrube ausgebaggert hätte. Den Raum zwischen den Spundwänden und Dossirungen füllt man sogleich mit einer für Fangedämme geeigneten Erde an und stampft dieselbe fest. Dieses Verfahren ist indessen insofern bedenklich, als dabei leicht Erdtheilchen durch die Spundwand dringen, welche als Schlamm niederschlagen, und die zusammenhängende Ablagerung des Bétons verhindern. Sodann mufs man bei dieser Hinterfüllung auch die Spundwand gegen das Ueberweichen sichern, und zwar entweder durch rückwärts angebrachte Erdanker, oder durch gegenseitige Absteifung der gegenüber stehenden Wände. Das Erste pflegt indessen sehr kostbar zu sein, und durch die Absteifungen wird die regelmäfsige und zusammenhängende Béton-Versenkung, wo nicht ganz verhindert, doch sehr erschwert. Im Allgemeinen empfiehlt es sich daher, die Spundwände nicht früher zu hinterfüllen, als bis die Béton-Bettung ausgeführt ist. Die zum Anfahren des Bétons erforderlichen Laufbrücken legt man entweder auf Querhölzer, die an einer Seite auf der Spundwand, an der andern aber auf einem Banket der Erdböschung ruhen, oder auf eine leichte Rüstung, deren Pfähle nur mit der Handramme eingetrieben sind.

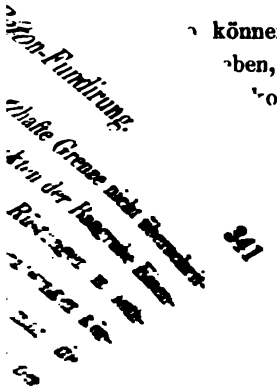
Es ist schon früher (§. 42) davon die Rede gewesen, dafs man bei beschränkten Bauplätzen die Grube zuweilen nicht in der ganzen Ausdehnung, also mit Einschlufs des Raumes über den Erd-

dossirungen ausheben kann. Alsdann ist man gezwungen, mit dem Einrammen der Spundwände den Anfang zu machen und zwischen denselben die Vertiefung durch Graben oder Baggern herzustellen. Die Erdarbeiten erhalten dabei freilich nur eine geringere Ausdehnung, aber die Rammarbeit wird dagegen erschwert, auch lassen sich die gegenseitigen Absteifungen in diesem Falle nicht umgehen, sobald man die Baugrube vertieft.

Es mufs noch erwähnt werden, dafs die mehrfach berührte Forderung, den Béton nur in stehendes Wasser zu versenken, zuweilen sich nicht in aller Strenge erfüllen läfst, namentlich bei Wehr- und Schleusen-Bauten, wenn eine starke Niveau-Differenz auch während der Bauzeit nicht zu beseitigen ist, wobei also die Baugrube durch unterirdische Adern theils mit dem Oberwasser und theils mit dem Unterwasser des Flusses in Verbindung steht und sonach fortwährend das Wasser von der einen Seite in sie hinein- und von der andern herausfliefst. Wenn dieses geschieht und man die Bewegung nicht hindern kann, so sind die niederwärts gerichteten Strömungen weniger nachtheilig, als die aufsteigenden, denn die ersten können den Mörtel nicht fortführen, während die letzten dieses thun, und dadurch Canäle im Béton bilden. Aus diesem Grunde ist es in solchem Falle am passendsten, die Baugrube in offene Verbindung mit dem Oberwasser zu setzen und den Wasserstand in ihr möglichst hoch zu halten.

Die Stärke, die man dem Bétonbette giebt, richtet sich nicht sowohl nach dem Gewichte des fertigen Baues, der darauf gestellt werden soll, als vielmehr nach dem Druck der von unten dagegen tretenden Quellen. Der Béton ist gewöhnlich kostbarer als andres Mauerwerk, man wird ihm daher keine überflüssige Stärke geben, und diese vielmehr nur nach jenem Druck bestimmen. Man pflegt bei allen Schleusenbauten, wenn deren Breite auch nur einige 20 Fufs beträgt, dem Bétonbette mindestens die Stärke von 3 Fufs zu geben, bei einer gröfseren Breite genügt dieses aber nicht mehr. Bei der Eingangs-Schleuse zum St. Katharine's Dock, dessen Breite im Fundamente 68 Fufs maafs, hatte das Bétonbette die Stärke von 7 Fufs.

Häufig geschieht es, dafs man auf das Bétonbette selbst Fangedämme stellt, deren Anordnung und Construction im Folgenden beschrieben werden soll. Diese tragen zur Vermehrung des Gewichtes wesentlich bei, aber wenn sie auch ein Aufheben der ganzen Fun-



können sie doch durch die ungleichmäfsige
ben, dafs das Bétonbette in der Mitte durch-
ommen ist. Man mufs daher der Fun-
en, dafs sie vermöge ihrer relativen
cherheit widersteht, und zwar in
iernach die erforderliche Stärke
thig, das specifische Ge-
kennen. Das erste hängt
d ein Mittelwerth dafür
egelsteine anwendet, auf 1,5
chieben auf 2 bis 2,5 stellen.
läfst sich mit hinreichender Genauig-
rleiten. Letztere steigert sich zwar nach
sogar bis auf 400 Pfund und darüber auf den
Allgemeinen wird dieses Maafs aber nicht erreicht.
theilt mit, dafs die auf Veranlassung des Ober-Bergamtes
nn mit reinem Trafsmörtel (1 Theil Kalk und 2 Theile Trafs)
tellten Versuche nach 18 Wochen die Tragfähigkeit desselben
114 Pfund auf den Quadratzoll Querschnitt ergaben, wogegen
nt-Mörtel aus 1 Theil Portland-Cement und 3 Theilen Sand
end nach andern sorgfältigen Versuchen schon nach drei
en die absolute Festigkeit von 100 Pfund auf den Quadrat-
eigte. Für die grofsen Mörtelmassen, die bei Bétonfundi-
n versenkt werden, darf man wegen der verschiedenen Zu-
eiten das Maafs der Festigkeit im Allgemeinen nicht zu grofs
men, wenn man aber, um ganz sicher zu sein, dieses so ge-
setzen wollte, wie einzelne Versuche es ergeben, so würde
s die Nothwendigkeit einer ungewöhnlichen Mächtigkeit des
bettes folgen, die aus der Erfahrung sich nicht ergiebt. Hier-
mmt auch noch der Umstand in Betracht, dafs die umgebende
und diejenigen Theile des Fangedammes, welche an beiden
den Seiten die Baugrube einschliefsen, wesentlich zur Ver-
ung eines Bruches beitragen, während in der nachstehend an-
enen Berechnung die Bedingung für das Gleichgewicht in je-
einzelnen Querschnitt ohne Rücksicht hierauf hergeleitet ist.
darf deshalb wohl die Festigkeit des Bétons, wenn er mit der
en Sorgfalt bereitet und versenkt ist, zu 100 Pfund auf den
atzoll Querschnitt annehmen.

tern veranlassen, welche nach Trockenleg[illegible] mit den
knollenartiges Gefüge zeigen. [illegible] zwischen
[illegible] erzustellen.

Um das ganze Verfahren bei [illegible] ere Ausdeh-
schreiben, wähle ich zuerst den F[illegible] auch lassen
oder Kies besteht, und setze vo[illegible] nicht umgehn,
in demselben bilden würden, [illegible]
licher Art vornehmen und [illegible] ch berührte For-
Quellen locken aber der [illegible] ser zu versenken, zu-
fähigkeit des Bodens, [illegible] läſst, namentlich bei Wehr-
gesetzt we[illegible] dürfe[illegible] starke Niveau-Differenz auch wäh-
derselbe [illegible] igen ist, wobei also die Baugrube
durch[illegible] eils mit dem Oberwasser und theils mit
jenig[illegible] usses in Verbindung steht und sonach fort-
rei[illegible] von der einen Seite in sie hinein- und von
D[illegible] dieſst. Wenn dieses geschieht und man die Bewe-
k[illegible] dern kann, so sind die niederwärts gerichteten Strö-
[illegible] iger nachtheilig, als die aufsteigenden, denn die ersten
[illegible] en Mörtel nicht fortführen, während die letzten dieses thun,
[illegible] urch Canäle im Béton bilden. Aus diesem Grunde ist es
[illegible] chem Falle am passendsten, die Baugrube in offene Verbin-
dung mit dem Oberwasser zu setzen und den Wasserstand in ihr
möglichst hoch zu halten.

Die Stärke, die man dem Bétonbette giebt, richtet sich nicht sowohl nach dem Gewichte des fertigen Baues, der darauf gestellt werden soll, als vielmehr nach dem Druck der von unten dagegen tretenden Quellen. Der Béton ist gewöhnlich kostbarer als andres Mauerwerk, man wird ihm daher keine überflüssige Stärke geben, und diese vielmehr nur nach jenem Druck bestimmen. Man pflegt bei allen Schleusenbauten, wenn deren Breite auch nur einige 20 Fuſs beträgt, dem Bétonbette mindestens die Stärke von 3 Fuſs zu geben, bei einer gröſseren Breite genügt dieses aber nicht mehr. Bei der Eingangs-Schleuse zum St. Katharine's Dock, dessen Breite im Fundamente 68 Fuſs maaſs, hatte das Bétonbette die Stärke von 7 Fuſs.

Häufig geschieht es, daſs man auf das Bétonbette selbst Fangedämme stellt, deren Anordnung und Construction im Folgenden beschrieben werden soll. Diese tragen zur Vermehrung des Gewichtes wesentlich bei, aber wenn sie auch ein Aufheben der ganzen Fun-

dirung verhindern, so können sie doch durch die ungleichmäfsige Belastung Veranlassung geben, dafs das Bétonbette in der Mitte durchbricht, wie mehrmals vorgekommen ist. Man mufs daher der Fundirung eine solche Stärke geben, dafs sie vermöge ihrer relativen Festigkeit diesem Bruche mit Sicherheit widersteht, und zwar in jedem einzelnen Querschnitt. Um hiernach die erforderliche Stärke des Bétonbettes zu bestimmen, ist es nöthig, das specifische Gewicht und die Festigkeit des Bétons zu kennen. Das erste hängt von dem dazu verwendeten Material ab, und ein Mittelwerth dafür dürfte sich, wenn man zerschlagene Ziegelsteine anwendet, auf 1,5 und bei Bruchsteinen und Flufsgeschieben auf 2 bis 2,5 stellen.

Die relative Festigkeit läfst sich mit hinreichender Genauigkeit aus der absoluten herleiten. Letztere steigert sich zwar nach einzelnen Versuchen sogar bis auf 400 Pfund und darüber auf den Quadratzoll, im Allgemeinen wird dieses Maafs aber nicht erreicht. Michaelis theilt mit, dafs die auf Veranlassung des Ober-Bergamtes in Bonn mit reinem Trafsmörtel (1 Theil Kalk und 2 Theile Trafs) angestellten Versuche nach 18 Wochen die Tragfähigkeit desselben gleich 114 Pfund auf den Quadratzoll Querschnitt ergaben, wogegen Cement-Mörtel aus 1 Theil Portland-Cement und 3 Theilen Sand bestehend nach andern sorgfältigen Versuchen schon nach drei Wochen die absolute Festigkeit von 100 Pfund auf den Quadratzoll zeigte. Für die grofsen Mörtelmassen, die bei Bétonfundirungen versenkt werden, darf man wegen der verschiedenen Zufälligkeiten das Maafs der Festigkeit im Allgemeinen nicht zu grofs annehmen, wenn man aber, um ganz sicher zu sein, dieses so geringe setzen wollte, wie einzelne Versuche es ergeben, so würde daraus die Nothwendigkeit einer ungewöhnlichen Mächtigkeit des Bétonbettes folgen, die aus der Erfahrung sich nicht ergiebt. Hierbei kommt auch noch der Umstand in Betracht, dafs die umgebende Erde und diejenigen Theile des Fangedammes, welche an beiden schmalen Seiten die Baugrube einschliefsen, wesentlich zur Verhinderung eines Bruches beitragen, während in der nachstehend angegebenen Berechnung die Bedingnng für das Gleichgewicht in jedem einzelnen Querschnitt ohne Rücksicht hierauf hergeleitet ist. Man darf deshalb wohl die Festigkeit des Bétons, wenn er mit der nöthigen Sorgfalt bereitet und versenkt ist, zu 100 Pfund auf den Quadratzoll Querschnitt annehmen.

Ich setze voraus, dafs an beiden langen Seiten der Baugrube auf dem Bétonbette Fangedämme aus Béton aufgeführt sind, welche das Aufschwimmen des ganzen Bettes durch ihr Gewicht verhindern, dafs sie aber einem Bruche in der Mitte des Bettes nicht entgegenwirken, sondern in diesem Falle eine drehende Bewegung annehmen können, ohne die Höhenlage ihres Schwerpunktes zu verändern. Hiernach bestimmt sich die Kraft, welche auf den Bruch hinwirkt durch den Druck des Wassers gegen denjenigen Theil des Bétonbettes, welcher zwischen den Fangedämmen liegt, und diesem Drucke wirkt sowohl das Gewicht von eben diesem Theile des Bétonbettes, als dessen Festigkeit entgegen. Bezeichnet man mit

b die Breite des Bétonbettes zwischen den Fangedämmen,
e die Dicke desselben,
h die Höhe des äufsern Wasserstandes über dem Bétonbette,
m die absolute Festigkeit des Bétons in Pfunden, und zwar für die angenommene Maafseinheit, nämlich den Quadratfufs,
γ das Gewicht eines Cubikfufses Wasser und mit
$p\gamma$ das Gewicht eines Cubikfufses Béton;

so ist für den am meisten zu besorgenden Bruch, nämlich in der Mittellinie der Fundirung, das Moment des Wasserdruckes gegen den halben Boden des Bétonbettes und zwar für einen Abschnitt desselben von 1 Fufs Breite

$$\tfrac{1}{2}\, b\, (h + e)\, \gamma \,.\, \tfrac{1}{4}\, b$$

und das Moment vom Gewichte des Bétonbettes

$$\tfrac{1}{2}\, b\, e\, p\, \gamma \,.\, \tfrac{1}{4}\, b$$

Bei Bestimmung des Momentes der relativen Festigkeit ist darauf Rücksicht zu nehmen, dafs die rückwirkende Festigkeit des Bétons ohne Vergleich viel gröfser als die absolute ist, und daher die neutrale Achse nahezu in der Oberfläche des Béton-Bettes liegt. Jenes Moment ist also

$$e\, m \,.\, \tfrac{1}{3}\, e$$

und die Bedingung des Gleichgewichtes

$$\tfrac{1}{6}\, b^2\, \gamma\, (h + e) = \tfrac{1}{6}\, b^2\, e\, p\, \gamma + \tfrac{1}{3}\, e^2\, m$$

Durch Auflösung dieser Gleichung läfst sich der Werth von e bestimmen.

Bei der Schleuse in Ruhrort war

$b = 29$ Fufs
$e = 3{,}5$ Fufs.

an für diesen Fall

$p = 1{,}5$

$m = 14400$ Pfund und

$\gamma = 62$ Pfund,

$h = 10{,}8$ Fufs

s Bétonbette von dieser Breite und Stärke konnte noch dem widerstehn, wenn der äufsere Wasserstand sich gegen 11 Fufs e Oberfläche des Bétons erhob. Dieses war in der That r Fall gewesen, als aber beim Anschwellen die Ruhr einige her stieg und man die Baugrube noch immer trocken erhalte, so brach die Bettung, die schon manche undichte Stellen ler Länge nach auf. Um dem Drucke eines Wasserstandes Fufs über der Oberfläche widerstehn zu können, hätte das tte nach der vorstehenden Formel die Stärke von etwas über haben müssen.

sehr grofser Breite der Baugrube, also wenn das Bétonbette hr stark werden müfste, pflegt man zur Ermäfsigung der eine etwas geringere Dicke zu wählen, als nach der vorn Rechnung erforderlich wäre, man mufs aber alsdann das anderweitig belasten, um das Heben und Brechen desselben indern. Zu diesem Zwecke versenkt man vor dem Auspume grofse Quantität Steine, die man später vermauert, auf den oder stellt unter die Verstrebungen, durch welche die Spundgegen einander abgesteift sind, hölzerne Stempel, die zur ung des Druckes auf Unterlagen über dem Boden stehn. In Falle müssen aber die Verstrebungen, nachdem sie mit Bretern deckt sind, noch durch hinreichend grofse Steinmassen beerden. Die Fälle, dafs Bétonbetten wegen ungenügender oder weil sie noch nicht vollständig erhärtet waren, gebrond, haben sich so oft wiederholt, dafs in dieser Beziehung fste Vorsicht sich gewifs rechtfertigt. Man thut auch wohl, uf einen etwas höhern Wasserstand Rücksicht zu nehmen, h der Jahreszeit erwartet werden darf. Sollte indessen ein nlich hoher Wasserstand eintreten, wobei der Druck gegen onbette gefährlich wird, so bleibt nur übrig, den Bau zu chen und die Baugrube voll Wasser laufen zu lassen.

über das Erhärten der Schüttung ein sicheres Urtheil zu

gewinnen, füllt man während der Bétonirung und besonders das Ende derselben, Kasten oder Fässer mit Béton an, und v dieselben in Wasser. Indem man sie von Zeit zu Zeit aush untersucht, kann man sich leicht von der Erhärtung über die der Béton angenommen hat, doch mufs man schliefslich di pen zerschlagen, um sicher zu sein, dafs der Mörtel im Inner falls vollständig fest ist.

Ist das Bétonbette von einer dicht schliefsenden Spu umgeben, und diese sorgfältig mit guter Erde hinterf pflegt die Trockenlegung der Baugrube keine Schw zu machen. Der Wasserzudrang durch die Fugen zwisc Spundbohlen läfst sich auch dadurch ermäfsigen, dafs man ein solcher über Wasser sich zeigt, durch eingetriebenes W Fuge stopft. War dagegen der Boden sehr unrein, so dafs di wand sich nicht regelmäfsig ausführen liefs, oder hatte man die nur durch Stülpwände oder Brett-Tafeln umschlossen, die g zelne Pfähle gelehnt waren, so ist der Wasserzudrang viel b der. Es kann alsdann sogar geschehn, dafs die unter den bette austretenden Quellen dieses umgehn und durch die ur sende Wand zur Baugrube gelangen. Führen dieselben rein ser, so sind sie nur insofern nachtheilig, als die Wasserw schwieriger wird, wenn aber mit ihnen gröfsere Sandmasser kommen, die sich neben dem Ausflusse in die Baugrube s so ist dieses ein sicheres Kennzeichen, dafs irgend wo Höh sich bilden, die möglicher Weise unter dem Bétonbette finden und die sichere Unterstützung desselben gefährden.

Häufig giebt man dem Bétonbette eine gröfsere Aus so dafs man die umschliefsenden Fangedämme noch auf stellen kann. Diese Fangedämme werden gleichfalls au gebildet, und ihre äufsern Wände, wogegen sie geschüttet sind die Spund- oder sonstigen hölzernen Wände, die das B geben, die innern Wände müssen aber besonders zu diesem hergestellt werden. Da ein ganz dichter Schlufs in ihnen nic wendig ist, so pflegt man sie nur leicht aus Brettern zu con die gegen Pfosten gelehnt sind. Nicht selten versieht m Pfosten mit stumpfen Spitzen und treibt sie soweit in di noch nicht erhärtete Bétonlage ein, dafs sie gegen das Ver gesichert sind. Ein solches Verfahren ist aber nicht zu billig

as Bétonbette leicht beschädigt werden kann und jedenfalls
n diesen Stellen nicht mehr die volle Stärke behält.
nder ist es, nachdem das Bétonbette vollständig angeschüt-
nigermaafsen erhärtet ist, auf dasselbe in der Richtung der
nden Wand noch einen schmalen und etwa 1 Fufs hohen
éton zu legen, und hierin sogleich die Pfosten einzustel-
266 auf Taf. XXI zeigt diese Anordnung. Man lehnt
se Pfosten in Abständen von 4 bis 5 Fufs horizontale Bohn-
nter sich durch Leisten verbunden sind, und stöfst dahin-
etter, welche die Wand bilden sollen, möglichst schliefsend
ch weichen Béton ein, und nagelt sie an die über Wasser
)berste Bohle. Die Pfosten, die schon früher durch ein
gelegtes Rahmstück unter sich verbunden waren, werden
durch Zangen an die Spundwand geankert.
g wählt man zur Darstellung der innern Wände der Fan-
auch die in Fig. 267 gezeichnete Construction, indem man
gegenüber stehende Pfosten vor ihrer Aufstellung durch
el und Streben zu einem Rahmen verbindet. Um diese
u richten und vorläufig in ihrer Stellung zu halten, müssen
nur durch übergenagelte Latten gegen die Spundwände
sondern auch durch angehängte Steine gegen das Auf-
n gesichert werden. Eine vollständige Befestigung erhal-
urch die seitwärts angebrachten Rahmen und die Zangen,
einer Spundwand bis zu der andern herüberreichen. Bei
ordnung stehn die Pfosten nur auf dem Bétonbette, ohne
e einzugreifen. Brett-Tafeln, die man gegen sie lehnt,
innern Wände der Fangedämme.
r die Fangedämme geschüttet werden, mufs der Schlamm,
uf dem Bétonbette abgelagert hat, möglichst beseitigt wer-
se Vorsicht ist besonders nöthig, wenn der Damm wieder
bestehn soll. Wie schon oben erwähnt, wird diese Rei-
urch Sack-Bagger und Pumpen bewirkt. Auf wichtigen
läfst man sogar die Saugeschläuche der Pumpen von
führen.
en die Fangedämme später wieder entfernt werden,
Abbruch, wenn sie aus Béton bestehn und vollständig
ind, überaus schwierig. Man pflegt daher solche vorzuge-
anzuwenden, wo sie nicht hinderlich sind, und zum Theil

die davor und darüber auszuführenden Mauern ersetzen, denen sie an Härte und Tragfähigkeit nicht bedeutend nachstehn. Dabei ist freilich eine vollständige und innige Verbindung des Bétons mit dem Mauerwerk nicht zu erwarten, woher man die Gesammt-Stärke etwas gröfser annehmen mufs, als bei einer in gehörigem Verbande ausgeführten Mauer erforderlich gewesen wäre. Man mufs auch guten hydraulischen Mörtel verwenden, der bald abbindet und ein späteres Setzen der Mauer verhindert.

Bisweilen werden in solchen Fällen die Béton-Fangedämme auf der Seite, welche der Baugrube zugekehrt ist, dossirt, hierdurch wird aber die gehörige Ablagerung des Bétons, der wegen der übergreifenden Zangen nur in Kasten versenkt werden kann, wesentlich verhindert.

Bei Schleusenbauten bietet sich vielfach Gelegenheit, nicht nur an beiden Seiten, sondern auch gegen das Oberwasser Béton-Fangedämme zu benutzen, insofern der Oberboden den in der letzten Richtung ausgeführten Fangedamm überdeckt, oder nur wenig darunter bleibt. Nicht selten bildet man auch den Abschlufs gegen das Unterwasser gleichfalls aus Béton. Dieser Damm mufs aber später entfernt werden, und gemeinhin läfst sich dieses nicht anders als durch Sprengen mit Pulver ausführen. Um dabei das schwierige Bohren der Löcher, worin die Schüsse eingesetzt werden, zu umgehn, hat man zuweilen cylindrische Eisen-Stangen von passender Stärke in die untere Bétonlage eingestellt und bis zur vollen Höhe des Dammes umschüttet, wodurch jene Bohrlöcher sich bildeten.

Es mufs noch einer eigenthümlichen Beschränkung der Höhe der Fangedämme erwähnt werden, wodurch eine Ermäfsigung der Stärke des Bétonbettes zulässig wird. Diese Stärke ist so zu bestimmen, dafs nach Trockenlegung der Baugrube die von unten dagegen tretenden Quellen das Bette nicht durchbrechen, eine solche Gefahr verschwindet aber, wenn das ganze Bauwerk fertig oder zum Theil ausgeführt ist. Ist dasselbe eine Schiffsschleuse oder ein Trockendock, so beseitigt sich schon die Gefahr, sobald man den Boden mit dem verkehrten Gewölbe überspannt hat. Es kommt also nur darauf an, während einer gewissen Periode den Wasserdruck zu mäßigen, und dieses ist möglich, wenn man neben, oder noch besser rings um die ganze Baustelle Gräben eröffnet, in welchen man durch kräftige Schöpfmaschinen den Wasserspiegel senkt. Unter Vor-

Voraussetzung eines durchlässigen Untergrundes, der etwa aus Kies besteht, wird alsdann der Druck in der Baugrube nur diesem äufsern Wasserstande und nicht dem des natürlichen Grundwassers entsprechen. Wenn man aber den Fangedämmen, welche die Baugrube umschliefsen, nur eine Höhe giebt, welche diesen gesenkten Wasserstand etwas überragt, so vermindern sich nicht nur die Kasten, sondern man gewinnt auch die Sicherheit, dafs das Bétonbette keinem zu starken Drucke ausgesetzt werden kann, weil bei höherem Wasserstande die Baugrube sich anfüllt, und der Druck aufhört. Es ist nicht zu verkennen, dafs eine solche Anordnung, wobei man eine innere und eine äufsere Baugrube darstellt, wegen der Schöpfmaschinen sich vertheuert, aber in Betreff der Ersparung an Béton sowol für das Bette, als für die Fangedämme veranlafst sie doch eine wesentliche Ermäfsigung der Kosten, namentlich da die Schöpfmaschinen nur während des Beginnes der Maurer-Arbeiten in Betrieb bleiben dürfen. Beim Bau der Schleuse zu St. Valery sur Somme kam vor etwa 50 Jahren dieses Verfahren zur Anwendung. *)

Bei Bétonfundirungen ereignet es sich zuweilen, dafs an einzelnen Stellen bedeutende Quellen durchtreten. Eine Unregelmäfsigkeit beim Versenken des Bétons, oder ein zu frühzeitiges Auspumpen des Wassers, vielleicht auch eine zu starke Wasserwältigung in späterer Zeit, während die Quellen gerade besonders reichhaltig waren, können hierzu Veranlassung geben. Wenn ein solcher Fall eingetreten ist, mufs eine besondere Vorsicht angewandt werden, um den Zufluſs zu sperren und ihn von dem darüber aufzuführenden Mauerwerk abzuhalten. Wollte man eine undichte Stelle im Béton, welche das Wasser stark durchläfst, durch ein darüber versetztes Werkstück oder durch unmittelbare Uebermaurung schliefsen, so würde der noch weiche Mörtel in dieser Mauer sogleich ausgespült werden, und der Quell würde nach und nach, so oft man ihn abzusperren versucht, immer weiter durch die Mauer dringen und selbige beschädigen, sein Austreten in die Baugrube wäre daher auf solche Art nicht zu hemmen. Man mufs sonach, wenn man die undichte Stelle mit Mauerwerk überdecken will, darin künstlich einen Canal bilden, worin das Wasser mit Leichtigkeit abfliefsen kann. In diesem Falle greift der Quell die Fugen daneben nicht an und der Mörtel in den letzteren kann

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1832. *I. pag.* 75.

vollständig erhärten. Ist die Erhärtung erfolgt und tritt das Wasser durch eine gehörig vorgerichtete Ausflufsöffnung hervor, so kann man die letztere leicht verschliefsen und sonach den Quell sperren. Man hat dieses Mittel häufig in Anwendung gebracht und namentlich hölzerne Röhren zur Ausmündung des Quelles benutzt, die eingemauert, und nach der vollständigen Erhärtung des Mörtels durch einen hölzernen Pfropf verschlossen wurden. Dabei tritt aber, wenn man auch die Verschiedenartigkeit des Materials unbeachtet läfst, noch der Uebelstand ein, dafs der Canal im Mauerwerk bleibt, und bei einer zufälligen spätern Oeffnung der umgebenden Fugen das Wasser wieder durch das Bauwerk zu fliefsen anfängt. Es liegt hiernach ein grofser Vorzug in der Methode, den ganzen Canal mit einer Masse auszufüllen, welche vollständig erhärtet und das Mauerwerk an dieser Stelle ersetzt. Zu diesem Zwecke eignet sich am besten ein stark hydraulischer Mörtel. Das dabei anzuwendende Verfahren verdient eine nähere Beschreibung.

Bérigny versuchte zuerst, unter einem Bauwerke die hohlen Räume durch Einspritzen einer dickflüssigen Masse anzufüllen. Unter dem Boden des alten Schiffdocks zu Rochefort hatte das durchdringende Wasser den Grund ausgespült, und es zeigten sich Risse und Versackungen im Mauerwerk, welche den Einsturz des ganzen Baues befürchten liefsen. Durch das erwähnte Verfahren füllte man die Höhlungen wieder an. Man bediente sich dabei einer ausgebohrten eisernen Röhre von 6 Zoll Weite und nahe 4 Fufs Länge, die auf ein im Boden ausgeführtes Bohrloch gestellt wurde. Die Röhre wurde mit einem dicken Thonbrei angefüllt, worauf der passende Kolben mit der Kolbenstange eingesetzt und letztere mittelst eines Rammklotzes, der 160 Pfund wog, eingetrieben wurde. Sobald man auf diese Art nach mehrmaliger Füllung der Röhre kein Material durch das Bohrloch mehr hineinbringen konnte, so wiederholte man dieselbe Operation in einem zweiten Bohrloche, das etwas über 3 Fufs vom ersten entfernt war und eben so in andern. Bei der Spülschleuse zu Dieppe, wo dieselbe Reparatur erforderlich war, benutzte Bérigny statt des Thones schon den Mörtel *), der später zu ähnlichen Arbeiten immer angewendet ist. Es

*) Sganzin, *programmes. 4. édition. I. p.* 52. Bérigny hat diese Arbeiten auch in einem besondern Mémoire beschrieben.

mag bei dieser Gelegenheit noch die Ausfüllung des Rostes unter den Pfeilern der Brücke zu Tours erwähnt werden, die in den Jahren 1835 und 1836 erfolgte. Man mufste hier die Brückenpfeiler ihrer ganzen Höhe nach durchbohren, um zu den Höhlungen unter dem Roste zu gelangen. Das Bohrloch hatte die Länge von 38 Fufs, seine Weite betrug $5\frac{1}{2}$ Zoll. Das Eintreiben des Mörtels unter einem starken Drucke, der von oben angebracht wurde, liefs sich wegen des grofsen Widerstandes in dem langen Bohrloche nicht mehr bewirken, daher wählte Beaudemoulin das Verfahren, dafs er einen durchbohrten eisernen Kolben, dessen Ventile nach unten aufschlugen in der Höhe des Rostes, also unmittelbar über den auszufüllenden Räumen, mittelst des Bohrgestänges auf- und abbewegen liefs. Dieser Kolben schob das darüber befindliche Material abwärts und füllte auf solche Art die Höhlungen an. Unter dem zehnten Pfeiler der Brücke sollen auf diese Art 1123 Cubikfufs Mörtel eingepumpt sein, doch war derselbe vorher nicht zubereitet, weil er in diesem Falle zu schnell erhärtete, man sah sich vielmehr gezwungen, die Bestandtheile desselben besonders zu versenken, und die beschriebene Operation bezog sich nur auf den Kalkbrei, während der Sand dazwischen frei eingeschüttet wurde. *)

Die Schliefsung der ausgesparten künstlichen Canäle, worin die Quellen bis zur vollständigen Erhärtung des umgebenden Mauerwerkes frei abfliefsen, geschieht in ähnlicher Art, man darf aber in diesem Falle nie eine ganz abgeschlossene enge Höhlung zu füllen versuchen, denn das darin enthaltene Wasser kann dem eindringenden Mörtel nicht ausweichen, und sonach erfolgt die Füllung eines solchen Raumes gar nicht, oder doch nur sehr unvollständig. Das Verfahren, das man hierbei in Anwendung bringen mufs, ist folgendes.

Wenn aus dem Bétonbette an einer Stelle eine Wasserader oder ein stärkerer Quell hervortritt, so wird künstlich ein nahe horizontaler Canal von mindestens 3 Zoll Weite dargestellt, worin das Wasser unbehindert abfliefsen kann. Der Quell wird so weit geleitet, bis man ihn sicher eingefafst hat und man sonach die Schliessung vornehmen kann, ohne ein Durchbrechen des Wassers an einer andern Stelle zu besorgen. Zur Einbringung des Mörtels darf indessen der erwähnte Canal nicht benutzt werden, weil in diesem

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1839. *II.* p. 117.

Falle das Wasser sich nicht zurückdrängen läfst, man mufs vie
hierzu eine besondere Oeffnung vorrichten, oder dem
noch eine zweite Mündung geben, die am besten nach oben g
ist, wobei aber scharfe Biegungen vermieden werden müsse
die obere Oeffnung setzt man das Gufsrohr von einer Sprit
Dieses ist eine ausgebohrte hölzerne Röhre und das Gufsro
steht aus Eisenblech. Die lichte Weite der Röhre beträgt etwa
und die des Gufsrohres 2½ Zoll. Letzteres wird sobald es
aufwärts gerichtete Mündung des zweiten Canales eingestellt i
Werg umwunden, und vollständig abgedichtet, um jeden Sei
flufs zu verhindern. Man füllt nunmehr die hölzerne Röh
einem zwar dünnen, aber stark hydraulischen Mörtel an. Of
derselbe schon durch sein eignes Gewicht herab, und füllt d
nal, doch pflegt dieses nur im Anfange zu geschehn, und bal
sen noch besondre Mittel angewendet werden, um ihn herabzu
Dieses geschieht, nachdem die Röhre ganz angefüllt ist, inde
einen Pfropfen aus aufgelöstem Tauwerk bildet und denselbe
auf setzt, worüber alsdann eine Kolbenstange kommt, die
der hölzernen Röhre ohne Widerstand hin- und herbewege
Diese Stange drückt man mit Gewalt hinein, und wenn de
Druck sie nicht mehr bewegt, so treibt man sie mit Schläge
auch wohl mit einer Handramme herab, bis der in der Röh
findliche Mörtel in den Canal gedrungen ist. Hierbei mufs m
aufmerksam sein, dafs der Mörtel nicht etwa durch den Pfro
zur Seite desselben rückwärts herausquillt, weil er sonst das
Herausziehn des Pfropfes sehr erschweren und das Ausheb
Pumpe zu diesem Zwecke nöthig machen würde. Das Le
besonders insofern nachtheilig, als die ganze Operation schn
ohne Unterbrechung ausgeführt werden mufs, damit der Mört
etwa schon erhärtet, während man ihn noch weiter treibe
Bemerkt man also, dafs der Pfropf nicht dicht schliefst, s
man sogleich die Kolbenstange herausnehmen und eine zweit
Werg über die erste legen. Sobald die Kolbenstange soweit
getrieben ist, dafs man annehmen darf, die Röhre sei entle
zieht man sie heraus und fafst mit einem Krätzer den Pfropf
gleichfalls entfernt wird. Alsdann füllt man die Röhre wie
Mörtel und wiederholt dieselbe Operation. Dieses geschieht so
bis der Mörtel in zusammenhängender Masse aus der unter

ng des Canales hervortritt, oder wenn man wegen des hohen asserstandes in der Baugrube sich hiervon nicht unmittelbar über-ugen kann, bis die eingespritzte Quantität Mörtel überreichlich nügt, um den ganzen Inhalt des Canales zu füllen.

Der Mörtel kann nunmehr von dem Quell nicht sobald durch-ungen werden, weil das Wasser auf eine zu grofse Länge hin-rchdringen müfste. Am sichersten ist es, die Operation vorzuneh-en, während die Baugrube mit Wasser gefüllt bleibt. Wenn nach niger Zeit der Mörtel erhärtet ist, so wird durch ihn nicht nur r Wasserlauf vollständig gesperrt, sondern das Mauerwerk ist auch rch den Béton, also eine ähnliche Masse, ersetzt, und der frühere anal kann kaum noch als eine schwache Stelle angesehn werden, ieses Verfahren ist so sicher, dafs man bei einiger Uebung und niger Vorsicht in seinem Gebrauche wegen des Erfolges nicht be-rgt sein darf, doch mufs der Canal in seiner ganzen Länge und in iden Mündungen gehörig geöffnet sein. Wenn dagegen diese Be-ingung nicht erfüllt ist, so darf man auch auf einen günstigen Er-lg nicht rechnen. Hieraus erklärt es sich auch, weshalb die Ver-uche, das Bétonbette selbst durch eingespritzten Mörtel zu dichten, mmer erfolglos geblieben sind. *).

Wenn das Bétonbette zu schwach, oder beim Auspumpen noch icht gehörig erhärtet war, so bricht es der Länge nach auf, und ie in dieser Weise entstandene Fuge läfst sich nicht schliefsen. Sie t freilich ohne wesentlichen Nachtheil, wenn man eine hohe Mauer-asse, etwa einen Brückenpfeiler darauf stellen will, wenn aber wie n Schleusenboden nur eine schwache Uebermaurung oder etwa ein ngekehrtes Gewölbe darüber kommt, so pflegt die Fuge sogleich rch dieses sich fortzusetzen und der Boden hebt und senkt sich, nachdem die Baugrube ausgepumpt wird, oder sich mit Wasser llt. Bei einer Schleuse an der Ruhr war diese Bewegung sehr eutlich zu erkennen, indem die Oberkanten der Bétonfangedämme

*) In den *Annales des ponts et chaussées* befinden sich über diesen Ge-nstand mehrere Aufsätze, die vorstehende Beschreibung des Verfahrens ver-nke ich jedoch der sehr gefälligen mündlichen Mittheilung des rühmlichst kannten Ingenieur Mary, der ähnliche Arbeiten vielfach geleitet hat, und im hre 1840 unter Vorzeigung der betreffenden Pumpen mich damit bekannt achte.

bei solchem Wechsel des Wasserstandes um 1½ Linien sich einander näherten oder entfernten. Glücklicher Weise war die Schleuse nach ihrer Vollendung keinem starken Wasserdruck ausgesetzt und sie hat sich auch schon mehrere Jahrzehende hindurch ohne Beschädigung erhalten.

Vielfach versucht man die Quellen durch eingeworfenen schnell bindenden Cement zu stopfen. Dieses Mittel ist wiederholentlich bei den Hafenbauten in Saint-Nazaire und nach der Mittheilung des Ingenieur Ferme*) stets mit dem besten Erfolge zur Anwendung gebracht. Ueber einem festen, aber vielfach gespaltenen Felsboden wurden Mauern in Bruchsteinen ausgeführt. Sobald man auf einen Quell traf, mufste derselbe von den noch nicht erhärteten Mörtelfugen und namentlich auch von den Lagerfugen der untern Steinschicht entfernt gehalten werden, weil hier wegen der ziemlich ebenen Oberfläche des Felsens besonders leicht sich weit geöffnete Wasserläufe bildeten. Die Quellen waren im Allgemeinen nicht reich, doch traten sie unter starkem Drucke vor. Man liefs mehrere Fufs weit um sie den Raum frei, so dafs über ihnen ein weit geöffneter Schacht in der Mauer sich bildete, den sie bis zu einer gewissen Höhe anfüllten, wo man das Wasser seitwärts abfliefsen liefs. War in dieser Weise die Mauer etwa 4 Fufs hoch aufgeführt, so stellte man eine eiserne Röhre von 3 bis 4 Zoll Weite ein und unmauerte diese mit schnell bindendem Mörtel. Das Quellwasser flofs während dieser Zeit durch die Röhre frei ab, übte also nur einen mäfsigen Druck auf die frischen Fugen aus. Waren endlich letztere vollständig erhärtet, so dafs man sie ohne Nachtheil einem stärkeren Angriff aussetzen durfte, so ging man zur Absperrung des Quells über, die allerdings möglichst schnell erfolgen mufste. Man stellte in jene Röhre das Saugerohr einer Pumpe, und setzte dies kräftig in Bewegung, um die Röhre ganz oder doch grofsentheils zu entleeren, alsdann stürzte ein andrer Arbeiter trocknen schnell bindenden Cement in solcher Masse hinein, dafs die Röhre damit bis zur Hälfte oder zwei Drittheilen der Höhe gefüllt wurde, und ein dritter Arbeiter schob unmittelbar darauf einen vorher vorbereiteten hölzernen Pflock in die Mündung der Röhre und trieb ihn fest ein. Nach 48 Stunden nahm man den Pflock heraus, der Quell

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1869. *I. pag.* 420.

war alsdann vollständig gestopft, doch pflegte der obere Theil der Röhre mit Wasser gefüllt zu sein. Dieses pumpte man wieder aus, und stampfte Béton ein.

Um das Durchdringen von Quellen durch Bétonbettungen zu verhindern, hat man in Frankreich wiederholentlich den Béton nicht unmittelbar auf die Sohle der Baugrube, sondern auf wasserdichte Leinwand geschüttet. Treussart soll dieses Verfahren zuerst empfohlen haben, und es ist, wie es scheint, immer mit günstigem Erfolge angewendet worden, weil eines Theils die im Bétonbette etwa vorkommenden schwachen und undichten Stellen vor dem ersten Hinzutreten der feinen Wasseradern gesichert bleiben, auch verhindert die Leinwand die Ablösung des Schlammes von der Oberfläche des natürlichen Bodens und die Verunreinigung des Bétons durch denselben. Bei den Schleusenbauten in dem Ardennen-Canale hat man besonders hiervon Gebrauch gemacht und eine starke und mehrfach mit Theer bestrichene Leinwand benutzt. Um diese aber gegen Beschädigung durch die scharfen Ecken der Steine zu sichern, hat man sie sowohl oben, als auch unten mit gewöhnlicher Leinwand umgeben. Eine andere Vorsichtsmaasregel, die bei der Schleuse zu Brienne in Anwendung kam, bestand darin, dafs man kurze Holzstücke in dünnen Bündeln mehrfach unter die Leinwand und zwar normal gegen die Längenachse der Schleuse befestigte, um auf diese Art den Quellen einen Seitenabflufs wie in Rigolen zu eröffnen. *) Eine solche Anordnung dürfte aber auf einem stark durchdringlichen Boden, wo vorzugsweise die Bétonfundirungen Anwendung finden, überflüssig sein.

Das vorstehend beschriebene Verfahren bei Bétonfundirungen bezog sich zunächst auf den Fall, dafs der Baugrund sehr sandig ist und bei einer starken Senkung des Grundwassers aufgelockert wird und dadurch an Tragfähigkeit verliert. Die erwähnten Mebodenbleiben aber dieselben, wenn man bei einem festen Baugrunde wegen der Reichhaltigkeit der zudringenden Quellen zu dieser Fundirungsart gezwungen ist. Namentlich tritt der letzte Fall in einem klüftigen Kalkboden häufig ein, und ebenso in jedem Fels-

*) Ueber die Anwendung der wasserdichten Leinwand handelt besonders ein Aufsatz von Barré de Saint-Venant in den *Annales des ponts et chaussées.* 1834. *I. p.* 125.

boden im Flufsbette selbst, oder in grofser Nähe desselben. Auch hier läfst sich durch Ausführung des Bétonbettes und der Béton-Fangedämme eine bequeme Baustelle am leichtesten darstellen, und es bleibt hierüber nur zu erwähnen, dafs in solchen Fällen vor der Versenkung des Bétons häufig der natürliche Boden stellenweise ausgebrochen werden mufs, damit das Bette die nöthige Stärke erhalten kann.

Dafs man durch Bétonschüttungen den eigentlichen Rost über den Rostpfählen ersetzen und dadurch auch die Wasserwältigung ganz umgehen kann, ist bereits §. 34 erwähnt und dabei zugleich bemerkt worden, dafs diese Methode noch den wesentlichen Vortheil bietet, dafs die Pfähle hierdurch gegen einander abgesteift und gegen ein Ueberweichen gesichert werden.

Zuweilen hat man auch den Béton zur Darstellung hoher Mauermassen unter Wasser benutzt, und besonders zu Brückenpfeilern in tiefen Flufsbetten. Das Verfahren ist hierbei dieses, dafs man den ganzen Raum für die Pfeiler mit einer Spundwand, oder auch wohl nur mit einer andern ziemlich dichten Wand umgiebt, denn wenn auch Fugen von etwa 1 Zoll Weite darin vorkommen, so wird noch immer keine merkliche Quantität Béton hindurchfliefsen. Der so umschlossene Raum wird so tief ausgebaggert, dafs man keine Unterspülung des fertigen Pfeilers besorgen darf. Alsdann geht man zur Versenkung des Bétons über, und setzt diese so weit fort, bis man nahe unter dem kleinsten Wasserstande das gewöhnliche Mauerwerk beginnen kann. In dieser Höhe pflegt man die Stärke des Pfeilers zu vermindern, und dadurch gewinnt man hinreichenden Raum, um eine leichte Umschliefsung des Pfeilers, wie durch einen kleinen Bétonfangedamm oder durch eine schwache Ziegelmauer vorzunehmen, und im Schutze derselben etwa einen Fufs tief, oder auch wohl noch tiefer, das Wasser über dem Pfeiler auszuschöpfen.

Wenn die Sohle des Flufsbettes aus gewachsenem Felsen besteht, und besonders wenn der Wasserstand darüber bedeutend ist, so ist die Umschliefsung des Raumes, den man mit Béton füllen will, sehr schwierig und man mufs alsdann die Methoden anwenden, die für solchen Fall bei Gelegenheit der Fangedämme beschrieben sind (§. 43). Hier wäre nur noch zu erwähnen, dafs man in neuerer Zeit bei Fundirung von Brückenpfeilern eiserne Cylinder

utzt hat, die man wie Brunnenkessel versenkt und mit Béton . Diese Methode zeigt sich besonders unter Anwendung com- irter Luft (§. 50) sehr vortheilhaft.

Schliefslich wäre zu bemerken, dafs man vielfach und nament- in Frankreich den Béton nicht nur unter Wasser, sondern auch olchen Fällen anwendet, wo gewöhnliches Mauerwerk ausführ- ist. So hat man die Bassins zu Wasserleitungen ver- dentlich ganz aus Béton erbaut. Das Reservoir Racine in Strafse gleiches Namens in Paris, das in drei Abtheilungen 00 Cubikfufs fafst, ist in dieser Art construirt. Der Baugrund hier so schlecht, dafs man mit den Fundamenten der Pfeiler, nur aus Béton bestehn, 15 Fufs tief herabgehn mufste. Zwi- n diese Pfeiler sind Kreuzgewölbe von etwa 10 Fufs Spannung Béton ausgeführt, die mit ihrer Uebermaurung den Boden des sins bilden. Sie hatten sich gut gehalten und man bemerkte nur und wieder einzelne Tropfen an der untern Fläche dieser mit m 10 Fufs hohen Wasserstande belasteten Gewölbe. Es war icht gewesen, die Bassins von innen mit einer festen Cement- icht zu überziehn, die von Zeit zu Zeit ausgebessert werden te. Hierbei zeigte sich aber der Uebelstand, dafs auf dem Béton n Ueberzug sicher haftet, und aus diesem Grunde hat man das ter ausgeführte Bassin Vaugirard neben dem Boulevard des In- ides mit Wänden umgeben, die nur im Innern aus Béton bestehn l von beiden Seiten mit Stücken des sehr porösen Mühlsteines, an der Marne bricht, verkleidet sind. Auf diesem haftet der berzug aus Cement sehr gut, und läfst sich daran, so oft es nö- g ist, auch erneuern. Dieses letztgenannte Bassin besteht aus ei Abtheilungen und fafst im Ganzen 323000 Cubikfufs. Es wird rch dieselben Leitungen aus dem Ourcq-Canale gespeist, welche Springbrunnen auf dem Place de la Concorde mit Wasser ver- n, und zwar geschieht die Füllung dieses Bassins nur während r Nacht, wenn die Springbrunnen nicht fliefsen. Die Mauern des ssins Vaugirard sind 16 Fufs hoch, oben 5 Fufs breit, zu beiden iten stark dossirt und unten mit einer überwölbten Galerie um- ben, durch welche man die Filtrationen leicht zu entdecken und ren nachtheiligen Einfluſs auf die umgebenden Grundstücke zu seitigen hofft.

Eben so, wie bei Wasser-Reservoiren pflegt man in Frankreich

auch bei Canal-Schleusen, deren Baugrube vollständig trocken, und vom Wasserzudrange ganz frei ist, unter den gewölbten Boden eine 3 bis 4 Fuſs starke Bétonschicht zu legen, obwohl der Ausführung des Mauerwerks nichts entgegensteht. Das in gehörigem Verbande und mit vollen Fugen sorgfältig ausgeführte Mauerwerk hat in jeder Beziehung vor dem Béton Vorzüge, wenn aber diese Sorgfalt fehlt, so steht es ihm leicht bei Weitem nach. Die künstlichen Blöcke, die zur Ueberdeckung der Steinschüttungen der Hafendämme dienen, wurden in einem unserer Häfen theils aus gespaltenen Graniten gemauert, theils aus demselben zerschlagenen Granit in Béton dargestellt, während derselbe Mörtel in beiden Fällen benutzt wurde. Es stellte sich augenscheinlich heraus, daſs die Béton-Blöcke nicht so leicht zerbrachen, noch auch sich abrundeten als die gemauerten, während doch diese wegen des Verbandes eine viel grössere Festigkeit haben sollten. Es zeigte sich indessen, daſs dieser Verband höchst unvollkommen war, die Fugen schienen auch vielfach offen geblieben zu sein und namentlich haftete der Mörtel viel weniger an den vermauerten, als an den im Béton verarbeiteten Granitstücken. Dieses rührte ohne Zweifel davon her, daſs für die gehörige Benetzung nicht gesorgt war. Dazu kam noch das nicht zu beseitigende Bemühn der Maurer, den Blöcken ein recht regelmäſsiges Ansehn zu geben, woher an den Seitenflächen vielfach Steine verwendet waren, die gar nicht einbanden.

Die Zubereitung des Mörtels und des Bétons läſst sich dagegen, besonders wenn Beides in Maschinen geschieht, leicht controlliren, und eben so die Schüttung und Befestigung desselben durch Andrücken und Ausebnen. Es können daher hierbei solche Fehler, wie bei der gewöhnlichen Maurerarbeit, wenn hinreichende Aufsicht fehlt, nicht vorkommen, und es rechtfertigt sich daher, unter solchen Verhältnissen dem Béton den Vorzug zu geben.

§. 49.

Senk-Kasten.

Man kannte schon im Alterthum das Verfahren, in tiefem Wasser durch Versenken von Schiffen künstlich einen Baugrund zu bil-

den, worauf Hafendämme oder andre schwere Bauwerke gestellt wurden. Diese Methode wurde wesentlich verbessert, als man die Schiffe nicht mehr mit losen Steinen füllte, sondern sie vollständig ausmauerte, was im Trocknen geschah, während die Schiffe noch schwammen. Sie versanken erst, wenn man das Wasser eintreten liefs. Man erreichte auf solche Art den Vortheil, dafs man eine grofse zusammenhängende Masse darstellte, welche zum Tragen des Oberbaues geeigneter war, als eine lose Steinschüttung. Um ein gehörig sicheres Fundament zu bilden, mufste das Schiff aber auch mit einer grofsen Basis sich auf den Grund aufstellen. Benutzt man hierbei statt gewöhnlicher Schiffe solche, die besonders zu diesem Zwecke erbaut sind, so giebt man ihnen flache Boden und senkrechte Wände. Erstere vertreten alsdann die Roste, und letztere sind nur während des Baues selbst, wo sie als Fangedämme dienen, von Nutzen, man mufs sie also in der Art befestigen, dafs sie sich von oben lösen und entfernen lassen, und man kann sie alsdann bei den folgenden in gleicher Art construirten Kasten aufs Neue gebrauchen. Diese Kasten heifsen gewöhnlich übereinstimmend mit ihrer französischen Benennung Caissons, doch wird bei uns dafür vielfach auch der Ausdruck Senk-Kasten gewählt. Es ist nicht zu leugnen, dafs dieses Verfahren die Schwierigkeiten einer Fundirung in tiefem Wasser wesentlich vermindert, und es fand daher besonders in Frankreich und England vielfache Anwendung. In Deutschland ist davon nur selten Gebrauch gemacht worden, aber auch im Auslande ist man in der neusten Zeit, nachdem die Bétonfundirung üblich geworden ist, hiervon beinahe ganz zurückgekommen, wozu wohl die Unfälle wesentlich beigetragen haben, welche bei den in Caissons fundirten Bauwerken sich häufig ereigneten. Aus diesen Gründen ist es entbehrlich, die ältere Methode noch mit allen dabei vorkommenden Modificationen zu beschreiben, es wird vielmehr genügen, das Verfahren im Allgemeinen zu bezeichnen.

Zunächst entsteht die Frage, ob man den Boden des Caissons unmittelbar auf den gehörig geebneten Grund, oder auf Pfähle stellen soll. Im ersten Falle vertritt der hölzerne Boden die Stelle eines liegenden Rostes und im zweiten die eines Pfahlrostes. Beides kommt vor. Wenn man den Kasten unmittelbar auf den Grund stellt, so mufs letzterer geebnet und so tief gegen das umgebende Flufsbette gesenkt werden, dafs keine Unterspülung eintre-

ten kann. Zu diesem Zweck umgiebt man die Baustelle mit einem leichten Fangedamme, der, wenn er auch nicht wasserdicht ist, doch wenigstens das heftige Durchströmen verhindern mufs, weil der starke Strom immer Sand und Kies herbeiführen und dadurch die künstliche Ausebnung sehr schnell aufheben würde.

De Cessart, der besonders die Fundirung in Caissons vielfach angewendet und empfohlen und ihre Vorzüge namentlich in Bezug auf Kostenersparung wiederholentlich gerühmt hat, wendete beim Bau der Brücke zu Saumur folgendes Verfahren an. Den Raum zwischen zwei Reihen leicht eingerammter Pfähle packte er mit Faschinen aus, in welche Steine eingebunden waren, oder mit sogenannten Senkfaschinen. Hierdurch bildete sich die Umschliefsung, welche die starke Strömung von der Baustelle abhielt, doch war letztere dadurch nicht vollständig geschlossen, vielmehr wurde auf der vom Strome abgekehrten Seite eine Oeffnung frei gelassen, durch welche der Senk-Kasten eingeschoben werden konnte. Hierauf wurde die Baugrube durch Baggern vertieft, und sobald man die gehörige Tiefe erreicht hatte, erfolgte die Ausebnung des Grundes, damit der Boden des Caissons überall gleichmäfsig zum Tragen kam. Dieses geschah, indem die tieferen Stellen mit Kies gefüllt, oder auch wohl der ganze Raum mit Kies beschüttet und alsdann die Oberfläche desselben mit einer Schiene horizontal abgestrichen wurde. *).

Wenn dagegen der Kasten auf Pfähle gestellt werden soll, so kommen wieder die beiden Fälle vor, dafs nämlich entweder der Rost bis zum Flufsbette und vielleicht auch noch tiefer versenkt wird, oder dafs man ihn nur eben unter den niedrigsten Wasserstand bringt. Das letzte Verfahren ist jedenfalls das bequemere, dabei tritt aber der Uebelstand ein, dafs man die Zwischenräume zwischen den Pfählen, wie §. 34 bereits erwähnt worden, nicht gehörig ausfüllen und gegen Ausspülung sichern kann. Man pflegt alsdann die Rostpfähle mit einer Spundwand zu umschliefsen, und wenn die Zwischenräume gehörig gefüllt sind, eine Steinschüttung rings um die Spundwand anzubringen. Wenn dagegen bei Anwendung der Rostpfähle die Versenkung des Rostes bis unter das Flufsbette stattfinden soll, so mufs man wieder den leichten Fangedamm darstellen und die Baggerung so tief herabführen, dafs man mit der

*) De Cessart, *travaux hydrauliques. Vol. I.* Paris 1806.

Grundsäge die Pfähle in der gehörigen Tiefe abzuschneiden im Stande ist. Hierauf werden die Zwischenräume zwischen den Pfählen ausgefüllt und in einer geringen Höhe über den Pfahlköpfen horizontal abgestrichen. Dafs dabei die Kiesschüttung über die Pfähle noch etwas vorragt, ohne jedoch dieselben zu überdecken, wird nicht als nachtheilig angesehn, weil sie sich noch setzt oder eingedrückt wird und man dadurch dem Entstehen hohler Räume unter dem Roste vorzubeugen glaubt.

Die Dimensionen der Caissons müssen der Gröfse des darin auszuführenden Bauwerks entsprechen, doch kann man eine lange Kaimauer nicht in einem Caisson ausführen, man mufs vielmehr eine Trennung vornehmen und die einzelnen Theile mit einander möglichst zu verbinden suchen. Die Höhe der Wände mufs ferner so gewählt sein, dafs dieselben nach der Versenkung bis über das niedrigste Wasser vorragen, damit man die weitere Erhöhung über Wasser ausführen kann. Findet auf der Baustelle Ebbe und Fluth statt, so pflegt man den Wänden der Caissons nur eine solche Höhe zu geben, dafs das Mauerwerk beim Versenken über Niedrig-Wasser reicht. Bei der Spülschleuse zu Dieppe, die de Cessart baute, war die Anordnung in dieser Art getroffen. So lange das Caisson noch schwimmt, so hebt es sich mit der Fluth und sinkt mit der Ebbe, sobald man es aber versenkt hat, so tritt während der Fluth das Wasser ein, und nur bei niedrigem Wasser kann man den Bau weiter fortsetzen. Dafs die Wände gehörig stark sein müssen, um einem Wasserdrucke, der ihrer Höhe entspricht, zu widerstehn, darf kaum erwähnt werden.

Die Construction des Bodens ist von der Aufstellungsart des Caissons abhängig. Wenn keine Rostpfähle vorkommen und sonach der ganze Boden gleichmäfsig trägt, so werden die Balken nur von unten mit Bohlen verkleidet, wenn dagegen Pfähle eingerammt sind, so ist es nöthig, dafs die sämmtlichen Köpfe derselben auf Balken treffen, und man mufs alsdann das Einrammen zwischen gewissen versenkten Lehren vornehmen, wodurch man allein in einer gröfseren Tiefe unter Wasser eine regelmäfsige Lage der Pfahlköpfe erreichen kann. Vortheilhafter ist jedoch die Methode, die man in Frankreich angewendet hat, wonach der Boden des Caissons nicht mit Bohlen verkleidet, sondern aus einer dichten Balkenlage gebildet wird. Man erreicht dadurch den Vortheil, dafs jeder Pfahlkopf,

wo er sich auch befinden mag, vollständig zum Tragen kom
Verbindung des Pfahles mit dem Boden des Caissons, oder
Rostschwellen durch Zapfen, oder auf andre Art, läfst s
darstellen, sie ist auch entbehrlich, weil das grofse Gewic
tigen Baues ein Verschieben undenkbar macht und die P
auch wirklich etwas einzudrücken pflegen.

Fig. 269 auf Taf. XXII zeigt den vertikalen Quersch
Caissons, wie solche bei mehreren Brückenbauten in Pari
sind. Der Boden besteht aus einer geschlossenen B
welche der Länge nach durch fünf Gänge Halbholz verbu
aufserdem durch einen Rahmen umschlossen ist, worin di
lichen Balken mit Zapfen eingreifen. Zur Verbindung d
mit dem Rahmen sind rings umher in Abständen von 3 Fu
ben-Bolzen angebracht, deren Muttern in die Balken e
sind, und deren Köpfe sich gegen den Rahmen lehnen, w
gur auf der linken Seite zeigt.

Die Seitenwände werden gebildet durch Stiele
10 Fufs von einander entfernt und in die Rahmen ver
In ihnen befinden sich Nuthen, worin man starke Bohlen
welche die eigentlichen Wände bilden. Auf der äufsern
fen aufserdem noch schräge Streben, die auf jenen Rahme
mit Versatzung in die Stiele. Ueber je zwei einander
stehende Stiele ist eine Zange gelegt, die an beiden Se
eine starke eiserne Stange mit dem Rahmen verbunden i
den Boden einschliefst. Die Figur zeigt auf der rechten
Stange. Sie ist unten mit einer Oese versehn, womit s
nen Haken greift, der in den Rahmen und den anstofs
ken eingetrieben ist. Oben ist sie durch den Kopf der
zogen und wird hier durch die Schraubenmutter gehal
man die letztere, so kann man die Stange vom Haken a
die Wände des Caissons werden frei, so dafs man sie
des folgenden Pfeilers wieder benutzen kann. Um die
einander fest zu verbinden, sind endlich über die Zangen
hölzer gelegt und an diese mit Schraubenbolzen befestig

Die Erbauung solcher Caissons erfolgt wie die der S
Hellingen oder geneigten Ebenen am Ufer, von wo
Wasser herabgleiten, doch ist hierbei grofse Vorsicht n
sie bei ihrer Länge und bei ihrer schwachen Verbindung

Um sie gehörig wasserdicht zu machen, wird jede einzelne ebensowohl im Boden, wie an der Seite, von aufsen durch ein- enes Werg gedichtet und demnächst mit heifsem Pech über- . Gewöhnlich erhalten die Caissons an einer Seite noch ein ; damit man beim Versenken das Wasser sanft einlassen kann, einige Pumpen, die theils zur Beseitigung des eingedrungenen rs dienen, theils aber auch um den ganzen Kasten wieder zu falls er beim ersten Versenken nicht genau eingestellt sein

eber die Ausführung des Mauerwerks in den Caissons ist zu ten, dafs dieses sehr gleichmäfsig vertheilt werden, oder dafs enigstens durch eine sonstige Beschwerung für eine gleiche ng aller Theile sorgen mufs, weil sonst ein Bruch erfolgt. der Grund, auf dem das Caisson aufstehen soll, gehörig aus- en ist, so pflegt man dieses sogleich darüber zu führen, und glichst bald mit Wasser zu füllen und zu versenken. Man sich immer, den Bau so anzuordnen, dafs die Maurerarbeit er Zeit weit genug gediehn ist, um die Versenkung sogleich n zu lassen, weil die erwähnte Ausebnung ihre Regelmäfsig- ld verliert. Wenn das Caisson an der passenden Stelle ver- ist, so wird die nöthige Beschwerung desselben durch Auf- von Steinen auf die darüber angebrachte Rüstung vorgenom- id man pumpt das eingelassene Wasser aus. Auf diese Art an im Schutz der Seitenwände, wie zwischen Fangedämmen, uerwerk bis zur gehörigen Höhe herausführen. Jedenfalls las Caisson weniger, wenn es möglichst bald versenkt wird, an man es lange Zeit hindurch mit dem begonnenen Mauer- chwimmen und es wohl gar, wenn Ebbe und Fluth stattfindet, selnd auf den Grund setzen läfst.

enn man das ganze Bauwerk nicht in einem einzigen Caisson en kann, was namentlich bei Kaimauern der Fall ist, so mufs r die gehörige Verbindung der besonders fundirten Theile

De Cessart spannte zu diesem Zweck nach der Entfernung issonwände Bogen von einer Mauer zur andern und zwar in Tiefe, als der Wasserstand irgend zuliefs. Dabei sind aber fnungen unter den Bogen nicht gehörig zu schliefsen und lürfte ein anderes Verfahren den Vorzug verdienen, welches lé bei den Kaimauern in Paris anwandte. Derselbe suchte

nämlich die Zwischenräume zwischen den langen Wänden neben einander versenkten Caissons durch vorgeschlagene Pf leichte Fangedämme möglichst zu dichten, worauf die beid sten Wände an den schmalen Seiten entfernt wurden, so da Caissons sich in einen verwandelten. Hierauf konnte man tervall der Mauer vom Grunde aus aufführen, und damit n Wände der sämmtlichen Caissons stehn bleiben durften und d Baugrube sich zu sehr ausdehnte, so wurde jedesmal in d der Stelle, die man auf solche Art ausmauern wollte, de zwischen der langen Wand des Caissons und dem fertigen werk geschlossen. Der wasserfreie Raum umfafste also j nur diejenige Stelle, woselbst die Verbindung stattfinden so

Die vorstehend beschriebenen Senkkasten sind, wie be wähnt, in neuerer Zeit durch die viel einfachere und sehr Methode der Fundirung auf Béton verdrängt worden. Le in der That in allen Fällen leicht anwendbar, wo die Wa so mäfsig bleibt, dafs man Senkkasten hätte benutzen könn gegen hat man in den letzten Jahren mehrfach und zum T überraschend günstigem Erfolge eine wesentlich verschiede dirungs-Art angewendet, wobei das Bauwerk auf kastenförm bis zu grofser Tiefe versenkten Mauern ruht, die wieder K a s t e n genannt werden.

Diese Methode ist nur eine Modification oder weitere nung des im Landbau vielfach angewandten Verfahrens, auf S e n k - B r u n n e n zu stellen. Von den Senk-Brunnen w §. 8 die Rede. Sie werden, wie dort beschrieben, ausgef versenkt, man geht damit aber so weit herab, bis man e schicht trifft, welche hinreichende Tragfähigkeit besitzt, um bäude sicher zu unterstützen. Demnächst wird aber der entweder mit Béton, oder bis zur Höhe des Grundwassers bem Kies angefüllt und weiter aufwärts bis zu seinem obe ausgemauert, so dafs die darauf ruhende Last sich über de kreisförmigen Querschnitt vertheilt.

Der wesentliche Vortheil dieser Fundirungs-Art besteht d man bei aufmerksamer Führung des Baues und wenn das M in sich fest verbunden ist, bis zu grofser Tiefe herabgehn kan aber Brunnen von geringem Durchmesser sich nur in rein versenken lassen, so kann man in weiteren Brunnen oder Kast

wo ein Hinderniſs sich vorfindet, die Vertiefung so weit vortrei-
ſs der Widerstand gehoben und der Brunnen nicht mehr zurück-
n wird. Schon bei Ausführung der Schachte, welche die Zu-
u dem Themse-Tunnel bilden (§. 8), machte man die Erfahrung,
hwierigkeiten dieser Art sich überwinden lassen. Bedingung
ber, daſs der Boden, auf dem man solche Brunnen oder Senk-
ausführen will, über Wasser, oder doch wenigstens in der
les Wasserspiegels liegt. Ist dieses nicht der Fall, die Was-
fe aber nicht groſs, so bleibt noch übrig, durch Anschütten
de die erforderliche Erhöhung darzustellen. Hat der Brunnen
a nur eine mäſsige Weite und keine bedeutende Wandstärke,
gt man auch wohl den hölzernen Kranz mittelst Schrauben
Rüstung, und übermauert ihn, indem man ihn stets so weit
nken läſst, daſs nur der obere Mauer-Rand über Wasser tritt.
der Kranz sich auf den Grund aufstellt, beseitigt man die
isen und Schrauben, und bewirkt nunmehr durch Baggern im
die weitere Versenkung. In dieser Weise hat man zuweilen
npfeiler von mäſsigen Dimensionen fundirt.

enn man auf sumpfigem Grunde sichere Bauwerke ausführen
ist diese Fundirungs-Art besonders zu empfehlen. So wur-
e Pfeiler des Eisenbahn-Viaductes über die Silberwiese bei
auf dergleichen gemauerte Kasten gestellt. Wenn dieselben sehr
senkt werden, so hindert nichts unmittelbar daneben auch
ſse Wassertiefen darzustellen, daſs Seeschiffe daran anlegen
. Dabei bleibt freilich die Schwierigkeit, diese einzelnen Fun-
e mit einander so zu verbinden, daſs durch die Zwischenräume
le nicht herabstürzen kann. Sehr zweckmäſsig ist in dieser
ng, wie überhaupt in der ganzen Anordnung und Ausführung
au der südlichen Kai-Mauer des Sandthor-Hafens bei Ham-
rfahren. Die von dem Erbauer derselben, dem Wasserbau-
ector Dalmann, meinen Wunsch entsprechend mir mitgetheil-
zeichnungen sind in Fig. 268 auf Taf. XXI wiedergegeben.

r seit einigen Jahren ausgeführte und wegen der Verbindung
· Eisenbahn stets mit groſsen Seedampfern belegte Sandthor-
am obern Theile von Hamburg, war bisher nur auf der nörd-
Seite mit einer Ufereinfassung, und zwar einer hölzernen,
, neben der ein breitspuriges Geleise sich hinzog, worauf
hn Dampfkrahne standen, um die eingehenden Güter in die da-

hinter stehenden überdachten Schuppen zu heben, von wo sie unmittelbar auf die Eisenbahn-Wagen verladen werden konnten. Dieser Kai genügte aber nicht für den Verkehr, woher auch das südliche Ufer in ein Kai, und zwar in ein massives verwandelt werden sollte. Dieses Ufer war niedriges sumpfiges Terrain, von dem jedoch für die erforderliche Verbreitung des Hafens ein Theil abgegraben werden mufste. Bevor dieses geschah, fundirte man die Kaimauern auf solchen Senkkasten. Dieselben haben oblonge Querschnitte, wie Fig. 268 *b* und *c* zeigt, deren äufsere Seite in der Richtung des Kais 12 Fufs 9 Zoll Rheinländisch, und in der darauf senkrechten Richtung 18 Fufs 3 Zoll messen. Die Mauern sind 2 Fufs 6½ Zoll, oder 3½ Klinker stark. Die Kasten verbreiten sich aber nach unten, um durch den Seitendruck am Herabsinken möglichst wenig behindert zu werden. Der lichte Abstand der Kasten von einander, und zwar zwischen den obern senkrechten Mauern mifst 14′ 7″. Auf nahe 2¼ Ruthe Länge wurde daher immer ein Kasten versenkt, und die Länge des ganzen Kais mifst ungefähr 270 Ruthen.

Der gewöhnliche Fluthwechsel in Hamburg beträgt 5½ Fufs, die Hafensohle sollte 14½ Fufs unter ordinär Niedrigwasser liegen, woher die Kasten noch ungefähr 3 Fufs tiefer gesenkt wurden. Das Terrain lag einige Fufs über ordinär Hochwasser, doch befanden sich darin mehrere tiefere Rinnen, durch welche das Wasser eingetreten wäre. Diese mufsten durchdämmt werden, damit abgesehn von besonders hohen Fluthen, in der ganzen Baustelle der Wasserstand auf 4 Fufs unter ordinär Niedrigwasser gehalten werden konnte. Bis zu diesem Horizont sollten auch die Kasten versenkt werden, sie erhielten daher sogleich die Höhe von nahe 18 Fufs.

Die Ausführung der Senkkasten war derjenigen der Senkbrunnen sehr ähnlich. Man machte den Anfang mit dem Abgraben und Planiren des Bodens bis man auf Grundwasser traf, alsdann legte man aus doppelten Bohlen einen Rahmen aus, der genau der Ausdehnung der untern Mauerschicht entsprach und hierauf wurden die Mauern aus hartgebrannten Klinkern in stark hydraulischem Mörtel bis zur vorbezeichneten Höhe aufgeführt.

Nunmehr stellte man auf jeden Kasten eine Baggermaschine, welche den Boden lothrecht aushob, oder deren Baggerleitern sich doch wenigstens nicht weit von der lothrechten Richtung entfernten. Diese Maschine, durch eine am Ufer stehende Locomobile ge-

ben, stand auf einer über die längern Seiten des Kastens gestreck-
Eisenbahn, konnte also der Uferlinie beliebig genähert, oder von
selben entfernt werden. Einige Maschinen liefsen sich auch in
Quer-Richtung, also parallel zum Ufer, in gleicher Weise ver-
len. Doch zeigte sich diejenige Einrichtung bequemer, wobei
Maschine immer in der Achse des Kastens blieb, aber die Bag-
ter in ihrem untern Theile vor und zurückbewegt werden konnte,
um die Achse der obern Trommel sich drehte. Endlich waren
Maschinen noch mit der Vorrichtung zum Heben und Senken
Leitern versehn, so dafs beliebig an jeder Stelle die Eimer in
erer oder geringerer Tiefe wirken konnten. *)

Sobald die Baggermaschine einige Zeit hindurch gewirkt und im In-
des Kastens eine merkliche Vertiefung bewirkt hat, so verliert der
den, auf dem der Rahmen ruht, seine Unterstützung, er dringt nach
en vor und der Kasten senkt sich. Dieses geschieht sehr sanft und
leichmäfsig, wenn der Untergrund rein, und die Baggerung rings umher
zu derselben Tiefe erfolgt ist. Der Untergrund war indessen sehr
rein und daher der Widerstand sehr verschieden. Es kam sogar vor,
dafs Baumstämme in der Tiefe lagen. Durch vorsichtige Führung
des Baggers gelang es aber, auch diese tiefer zu versenken oder zu
durchbrechen, und sonach die Kasten bis zur vollen Tiefe, und zwar
in senkrechter Stellung, herabzubringen. Oft genug neigten sie sich
nach einer Seite stark über, alsdann mufste der Bagger da wirken,
wo ihre Oberfläche sich am meisten erhob. Ein Bruch des Mauer-
werks erfolgte in keinem Falle, und da die ganze Masse innig zu-
sammenhing, so war es ohne Nachtheil, wenn dieselbe zuweilen
auch nur durch einen einzelnen Gegenstand von geringer Ausdeh-
nung am Herabsinken verhindert wurde. Dieses Hindernifs mufste
aber durch starkes Vertiefen im Innern beseitigt werden. In sol-
cher Art gelang es, alle Kasten recht regelmäfsig zu senken und
nahe genug in die beabsichtigte Ufer-Linie zu stellen.

Indem die Kasten nicht nur ihr eignes Gewicht tragen, sondern
auch durch die massive Mauer und die Hinterfüllung belastet wer-
den sollten, so war eine starke Probe-Belastung nothwendig.
Zu diesem Zwecke stellte man auf jeden versenkten Kasten ein Ge-
fäfs aus starkem Eisenblech auf, das einen abgestutzten Kegel bil-

*) Diese Baggermaschine ist derjenigen ähnlich, die im III. Theile die-
ses Werkes §. 75. beschrieben ist.

dete. Der untere Durchmesser desselben hielt nahe 24 Fu
obere 36 Fuſs, und die Höhe maaſs 30 Fuſs. Hierin wurde
gepumpt, und dadurch eine Belastung von mehr als 10 000
dargestellt. Einige Senkung wurde nunmehr jedesmal b
doch war dieselbe meist sehr unbedeutend, und hörte bald g

Nachdem die Kasten als feststehend angesehn werden l
wurden sie mit Béton gefüllt und übermauert, wie die Fi
den verschiedenen Schnitten zeigen. Der freie Raum zwi
zwei Kasten wurde aber mit einer 2½ Fuſs starken Kappe a
kern überspannt. Auf diesen Kappen, so wie auf der Ue
rung der Kasten steht zunächst die eigentliche Kaimauer,
bis 14 Fuſs 7 Zoll über Niedrig-Wasser erhebt, außerd
zweite Mauer, welche die hintere Schiene des Geleises
Dampfkrahne trägt. Beide sind durch massive Pfeiler ve
die sehr kräftige Contreforts bilden. Die freien Räume z
je zwei Kasten hat man aber rückwärts durch Spundwände g
sen, um das Ausspülen der Hinterfüllungs-Erde zu verhinder
rend vor den Spundwänden auf die Länge der Senkkasten s
hinreichend flache Böschung bis zur Sohle des Hafens bild
Durchschnitte *e* und *f* zeigen diese Mauern, wie die Spund

Schlieſslich muſs noch von den eisernen Senkkas
Rede sein, die man in neurer Zeit hin und wieder bei Fund
in tiefem Wasser benutzt hat, und die auf weichem Unte
manche Vortheile bieten.

Beim Bau der Eisenbahn-Brücke über die Marne b
gent kam es darauf an, den Mittelpfeiler in dem sehr bew
Fluſsbette zu fundiren, da groſse Vertiefungen zu besorgen
Beim gewöhnlichen Sommer-Wasserstande maaſs die Tiefe
ser Stelle nahe 13 Fuſs, und die Sohle bestand bis 3 Fuſs d
aus losem Sande, und auf weitere 4 Fuſs aus einem Gemen
Sand und Thon, worunter sich erst Kies vorfand, den man
sten Baugrund ansehn konnte. Die Fundirung muſste a
20 Fuſs unter Wasser herabgeführt werden. Der Ingenieur P
der diesen Bau ausführte, entschloſs sich daher einen sowo
wie unten offenen Kasten aus Eisenblech anzuwenden.
demselben solche Dimensionen, daſs rings um den über
vortretenden Brückenpfeiler ein Raum von 6½ Fuſs Br
Unten war der Kasten weiter, als oben, so daſs er

Gestalt hatte. Die horizontalen Querschnitte bildeten in den mittleren Theilen Rechtecke, und waren durch Halbkreise an beiden Seiten begrenzt. Die ganze Länge maafs oben 69 Fufs und unten 78 Fufs, die Breite dagegen oben 32 Fufs und unten 36 Fufs. Die ganze Höhe betrug nahe 29 Fufs, so dafs der Kasten, wenn er 1 Fufs tief in den Kies versenkt wurde, noch 8 Fufs den Sommer-Wasserstand überragte.

Die Blechstärken waren nach dem Drucke, dem die Schichten ausgesetzt werden sollten, verschieden angenommen, und aufserdem durften sie an den abgerundeten Enden schwächer sein, als in den mittleren Theilen. Sie maafsen in der untern 9½ Fufs hohen Zone, die den Béton umschliefsen sollte und daher nur geringem Drucke ausgesetzt wurde, beziehungsweise 1,8 und 2 Linien. In der zweiten 11 Fufs hohen Zone, die nach dem Versenken des Bétons den vollen Wasserdruck auszuhalten hatte, da sie erst später ausgemauert wurde, 3,7 und 4,6 Linien. Die obere Zone endlich, die nur bei höheren Wasserständen als Fangedamm dienen sollte, bestand aus Blechen von derselben Stärke, wie die untere. Mit Einschlufs der Anker, die im mittleren Theile die gegenüber stehenden Wände gegen einander verstrebten, wog der Kasten 1400 Centner.

Nachdem das Flufsbette durch Baggern bis zur Kieslage vertieft war, führte man, zwischen zwei Fahrzeugen schwebend den Kasten darüber und versenkte ihn mittelst Schrauben. Sodann wurde der Schlamm, der auf der Sohle sich inzwischen abgesetzt hatte, durch Handbagger im Innern entfernt, auch dabei wieder für eine gleichmäfsige Einsenkung gesorgt, und nunmehr der Béton eingebracht. Nach Erhärtung desselben pumpte man den Kasten leer und führte die Ausmaurung und den untern Theil des Pfeilers aus. Schliefslich beseitigte man den über das Sommerwasser vortretenden Theil des Kastens, indem die Verbindung hier nicht durch Niethe, sondern durch Schraubenbolzen dargestellt war *).

Gegen dieses Verfahren sprach sich Beaudemoulin sehr entschieden aus **), indem er meinte, die Umschliefsung mit hölzernen Wänden und die Darstellung von Béton-Fangedämmen wäre nicht nur sicherer, sondern auch wohlfeiler gewesen. Die für die grös-

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1856. *II. pag.* 282.
**) *Annales des ponts et chaussées.* 1857. *II. pag.* 238.

sere Sicherheit angeführten Gründe dürften indessen zweifelhaft sein, und sonach begründet sich auch kaum die Voraussetzung in Betreff der geringeren Kosten.

Eben so, wie diese Blechkasten, hat man in den Niederlanden zu gleichem Zweck auch Kasten angewendet, die aus gufseisernen Tafeln zusammengesetzt waren. In einem Falle traten dabei sehr bedenkliche Beschädigungen ein, die vorzugsweise wohl durch die zu grofsen Dimensionen veranlafst waren, während auch die eigenthümliche Beschaffenheit des Untergrundes den Bau aufserordentlich erschwerte *).

Die Eisenbahn zwischen Alkmar und Nieuwe-Diep überschneidet zweimal den Nordholländischen Canal und mufste, um den Durchgang grofser Seeschiffe zu ermöglichen, auf Drehbrücken darüber geführt werden. Zu diesem Zwecke kam es darauf an, aufser den beiden Landpfeilern, jedesmal noch einen Pfeiler, auf dem die Drehbrücke ruht, und einen der theils diese unterstützt, wenn sie geschlossen ist, und theils die feste Brücke trägt, auszuführen. Durch die Drehbrücken wurden je zwei Oeffnungen von 64 und 32 Fufs lichter Weite überspannt, und sie stand auf einem cylindrischen Pfeiler von 19 Fufs Durchmesser. Der andre Pfeiler war 22 Fufs lang und 9½ Fufs breit. Beide sollten in versenkten eisernen Kasten fundirt werden, jedoch war es ursprünglich Absicht gewesen, die langen Pfeiler auf je zwei Cylinder von 9½ Fufs Durchmesser zu stellen und diese über Wasser durch vertikale Eisenplatten mit einander zu verbinden. Der Bau-Unternehmer glaubte jedoch, die Ausführung würde sicherer und bequemer sein, wenn er Kasten anwendete, die der Ausdehnung dieser Pfeiler entsprächen und bei der Länge von 22 Fufs und der Breite von 11 Fufs, an beiden Enden abgerundet wären. Die Genehmigung zu dieser Aenderung wurde ertheilt.

Was die Höhenverhältnisse betrifft, so wird der Wasserspiegel in dieser Canalstrecke auf ungefähr 2 Fufs unter Amsterdamer Peil, d. h. unter mittlerem Hochwasser in Amsterdam gehalten. Die Sohle des Canales liegt 20 Fufs unter diesem Normal-Horizont, oder die Wassertiefe mifst 18 Fufs, und die eisernen Kasten sollten noch 19½ Fufs tiefer versenkt werden. Indem diese während des

*) *Verhandelingen van het koninklijk Instituut van Ingenieurs.* 1868—1869.

Baues bis Amsterdamer Peil heraufreichen sollten, so betrug ihre ganze Höhe 39½ Fufs.

Die Kasten bestanden aus gufseisernen Platten von 1 Zoll Stärke, nahe 5 Fufs Höhe und durchschnittlich etwa 6 Fufs Breite. Sie waren an den Seiten, wie auch oben und unten mit Flanschen versehn und wurden durch Schraubenbolzen so mit einander verbunden, dafs sie Ringe bildeten, bei deren Zusammenstellung die vertikalen Fugen versetzt waren.

An starke hölzerne Rüstungen hing man zunächst diejenigen Platten auf, welche den untersten Ring bilden sollten, und verband sie mit einander. Darüber stellte man den folgenden Ring und so fort, indem man den bereits verbundenen Kasten stets so weit versenkte, dafs sein oberer Rand noch über Wasser blieb. Die Kasten hingen dabei beständig an 9 oder 12 starken eisernen Schrauben, woran man sie gleichmäfsig herablassen konnte. Diese Vorsicht wurde auch fortgesetzt, nachdem die Kasten sich bereits auf die Sohle aufgestellt hatten.

Bei der zuerst ausgeführten Brücke auf dem Koegras, eine Stunde von Nieuwe-Diep entfernt, erfolgte die Aufstellung und Versenkung bis zur beabsichtigten Tiefe sehr regelmäfsig und ohne Unfall. Sobald sie die Sohle des Canals erreicht hatten, stellte man eine Baggermaschine mit lothrechter Eimerleiter auf jeden Kasten, und in dem Maafse, wie dieselbe den feinen und ziemlich locker abgelagerten Sand aushob, drang der Kasten tiefer in den Grund ein. Sobald dieses geschehn war, ebnete man einigermaassen den Grund, und brachte mittelst halb-cylindrischer Senkkasten Béton ein, und zwar bis zur Höhe der Canal-Sohle. War diese Bettung etwas erhärtet, so pumpte man den Kasten aus und das Mauerwerk konnte darüber im Trocknen ausgeführt werden. Schliefslich wurden die Ringe, die sich über das volle Mauerwerk erhoben, einer nach dem andern gelöst, indem man mittelst besonderer Schraubenschlüssel die Muttern über den horizontalen Fugen unter Wasser fafste und zurückdrehte. Dabei wäre nur zu erwähnen, dafs schon auf dieser Baustelle während des Baggerns das Wasser in den Kasten meist etwas höher, als im Canale stand.

Viel gröfseren Schwierigkeiten begegnete man beim Bau der Brücke neben Alkmar. Der Boden bestand auch hier aus Sand, doch war dieser so fest abgelagert, dafs die Baggereimer nicht ein-

drangen. Man war daher gezwungen, mit zugeschärften Stofseisen den Grund aufzulockern und unter fortwährendem Verschieben des Baggers den so eben gelösten Sand auszuheben. Dabei konnte es natürlich nicht fehlen, dafs der Widerstand an verschiedenen Stellen verschieden war, und der Kasten sich alsdann schräge stellte. Durch kräftiges Baggern neben den höchsten Punkten, und indem man diese noch mit grofsen Gewichten (bis zu 1600 Centner) belastete, gelang es endlich, die Kasten in die richtige Lage zurückzubringen. Bei dem längeren Kasten ereignete es sich sogar, dafs derselbe, nachdem er bereits 9 Fufs tief in den Grund eingedrungen war, sich plötzlich seitwärts verschob. Es blieb nur übrig, an einer Seite von innen, und an der andern von aufsen zu baggern, um ihn wieder an seine Stelle zu bringen. Dabei traten häufig die Senkungen plötzlich und so heftig ein, dafs sie mit starken Stöfsen verbunden waren.

Bei dieser mühsamen Arbeit war es endlich gelungen, den langen Kasten bis auf $11\frac{1}{2}$ Fufs unter die Canal-Sohle zu versenken. Man hatte so eben einen neuen Kranz von Platten aufgesetzt, auch darüber eine starke Belastung gebracht und begann das Baggern aufs Neue, als plötzlich das Wasser in dem Kasten anschwoll und den 6 Fufs über dem äufsern Wasserspiegel liegenden Rand mit Heftigkeit überströmte. Der Kasten stürzte dabei 5 Zoll tief herab und hierbei zerbrach er, so dafs an der einen schmalen Seite, nahe im Scheitel der Verbindungs-Curve ein Rifs sich auf $13\frac{1}{2}$ Zoll öffnete, während gegenüber nur eine feine Bruchfuge entstand. Nachdem das Ausströmen des Wassers aufgehört, bemerkte man, dafs der Kasten sich nahe 13 Fufs hoch mit Sand gefüllt hatte, während das nächste Canal-Ufer eingestürzt war. Man fand auch einen durch die ganze Länge des Kastens hindurchgehenden Bruch in der einen Seitenwand, der von 18 bis auf 15 Fufs unter dem Wasserspiegel anstieg.

Veranlassung zu der höchst auffallenden Erscheinung, dafs das Wasser sich plötzlich so hoch in dem Kasten erhob, und bei der heftigen Einströmung so viel Sand hineintrieb, konnte nur sein, dafs man eine wasserführende Schicht eröffnet hatte, welche von einem bedeutend höher liegenden Terrain gespeist wurde. Der starke Zufluſs hörte indessen angeblich nach 5 Minuten auf, vielleicht weil bei der eintretenden Bewegung der Druck so schnell abnahm, wie man dieses auch bei springenden Strahlen bemerkt (vergl. §. 16).

Wahrscheinlich verhinderte auch der eingedrungene Sand das fernere starke Zuströmen des Wassers.

Man betrachtete es als einen besonders günstigen Umstand, dafs der ganze Kasten noch in den Schrauben hing, und sonach das abgebrochene Stück nicht herabstürzen konnte. Jedenfalls mufste die Brücke an dieser Stelle ausgeführt werden, da die Eisenbahn wegen der Nähe von Alkmar sich nicht verlegen liefs, das Ausheben des Kastens, also die Ersetzung desselben durch einen neuen war aber unmöglich. Es blieb sonach nur übrig, die getrennten Theile so gut es geschehn konnte, zu vereinigen und in demselben Kasten den Brückenpfeiler aufzuführen.

Die Baggermaschine wurde wieder in Gang gesetzt und der eingedrungene Sand, soweit thunlich beseitigt. Alsdann hob man das abgebrochene Stück etwas an und näherte es durch umgeschlungene Ketten und durch Ziehbänder soweit dem andern Theile, dafs jene Fuge im obern Rande nur noch etwa 5 Linien geöffnet blieb. Von jedem Versuche, den Kasten noch weiter zu versenken, mufste man absehn, doch gewann man eben wegen der festen Schichten, die so schwer zu durchbrechen gewesen waren, die Ueberzeugung, dafs es unnöthig sei, den Kasten bis zu der früher beabsichtigten Tiefe, woran noch 8 Fufs fehlten, herabzutreiben.

Die Baggerung wurde nunmehr bis nahe an den untern Rand des Kastens fortgesetzt, alsdann die Füllung mit Béton sogleich begonnen und diese 3 Fufs höher, als es im ursprünglichen Plane lag, heraufgeführt, um jene horizontale Fuge vollständig zu überdecken. Zum Sperren der vertikalen Fugen umgab man den Kasten mit getheerter Leinwand, worauf die Pumpen so weit das Wasser wältigten, dafs die Uebermaurung möglich wurde. Der gröfsern Sicherheit wegen niethete man über die Bruchstellen auf beiden Seiten noch Laschen auf und um wegen der geringeren Tiefe der Fundirung einer Unterspülung vorzubeugen, baggerte man rings um den Kasten einen Graben, durchschnittlich von 40 Quadratfufs Querschnitt und füllte diesen bis zur Canal-Sohle mit Béton an. Man bemerkte, dafs die Sandmasse, die man im Ganzen aus diesem Kasten gebaggert hatte, ungefähr das Fünffache vom Inhalt desselben maafs.

Die Versenkung des cylindrischen Kastens für den Drehpfeiler erfolgte darauf ohne einen ähnlichen Unfall, doch scheint man auch

hier nicht bis zu der früher beabsichtigten Tiefe herabgegangen zu sein, auch wurde eine Lage Basalte zur Verhinderung einer Unterspülung umher versenkt.

Bei der Probe-Belastung der Brücke mit 4000 Centnern, so wie auch während des dreijährigen Bahnbetriebes haben diese beiden Pfeiler keine Sackung und überhaupt keine Bewegung bemerken lassen.

§. 50.

Fundirung unter Luftdruck.

Man hatte bereits vielfach und namentlich bei Erbauung von Hafendämmen die Taucherglocke in grofser Tiefe unter Wasser benutzt, um theils Werkstücke regelmäfsig zu versetzen, theils aber auch um andres Mauerwerk auszuführen, oder um den Grund zu reinigen und dergleichen. Diese Anwendung des Luftdrucks blieb jedoch räumlich immer nur sehr beschränkt, und erst in den letzten Jahrzehenden hat man mit überaus günstigem Erfolge, sowol weite Röhren als auch ganze Fundamente von Brückenpfeilern durch Benutzung der comprimirten Luft bis zu bedeutender Tiefe unter Wasser versenkt, und diese Methode hat sich sowol durch ihre Sicherheit, als auch durch ihre Wohlfeilheit so sehr empfohlen, dafs sie gegenwärtig fast bei allen Ueberbrückungen grofser und tiefer Ströme Anwendung findet. Man hat indessen auf zwei ganz entgegengesetzte Arten den Luftdruck benutzt, doch ist man von der Methode, die man Anfangs befolgte, und die unter gewissen Verhältnissen sich schon sehr brauchbar erwies, gegenwärtig zurückgekommen, während die andre allgemeinen Eingang gefunden hat.

Zunächst mag die erste kurz berührt werden. Im Jahre 1843 nahm Dr. Pott in England ein Patent auf die Erfindung, Pfähle durch Luftdruck in den Grund zu treiben. Diese Pfähle sollten aus hohlen eisernen Röhren bestehn, die unten offen sind, oben dagegen durch Klappen luftdicht geschlossen werden können. Nachdem sie durch ihr eignes Gewicht sich etwas in den Boden eingedrückt haben, schliefst man diese Klappe und pumpt den innern Raum nahe luftleer. Alsdann wird der Pfahl vom Druck der

lasern Luft belastet und dringt noch etwas tiefer ein, doch wäre ieser Erfolg von wenig Bedeutung, wenn nicht das aus dem Bo- en in den Pfahl tretende Wasser den Sand oder die Erde auf- ockerte, und hierdurch das weitere Herabsinken veranlafste. Der fahl füllt sich hierbei aber nicht nur mit Wasser, sondern zum heil auch mit Erde an. Alsdann läfst man die Luft wieder ein- reten, öffnet die Klappe, pumpt das Wasser aus und beseitigt zu- leich die eingedrungene Erde, worauf man wieder die Klappe chliefst und die Luftpumpe in Bewegung setzt. Der Untergrund ird nunmehr aufs Neue gelockert und der Pfahl sinkt tiefer ein nd so fort, bis er endlich die beabsichtigte Tiefe erreicht hat.

Wenn der Boden fester ist und durch eine schwache Strömung icht gelockert wird, so läfst sich durch dieses einfachste Verfahren as gehörige Eindringen des Pfahles nicht bewirken, und man mufs ldann eine kräftigere Strömung veranlassen. Dieses geschieht, enn man die Luftpumpe nicht unmittelbar mit dem von der Röhre schlossenen Raum in Verbindung setzt, der nur nach und nach tleert, also auch in gleicher Weise mit Wasser gefüllt wird. Man ingt daher einen grofsen Behälter, gleichsam einen Windkessel , den man möglichst luftleer macht, und in diesen durch plötzli- es Oeffnen eines Hahnes die Luft aus der Röhre einströmen läfst. adurch erfolgt die Luft-Verdünnung schneller und in gleichem aafse verstärkt sich die Einströmung des Wassers, welches den rund kräftiger angreift.

Aufserdem hat man den Apparat noch in andrer Weise ver- llständigt. Der in den Pfahl eindringende Boden lagert sich näm- h in demselben oft so fest ab, dafs seine Beseitigung schwierig ird, die aber nothwendig ist, weil entgegengesetzten Falles beim lgenden Auspumpen die Wirkung um so schwächer werden würde. an stellt daher eine zweite, jedoch viel engere Röhre, die un- n mit einem nach oben aufschlagenden Ventil versehn ist, in den ahl, und nachdem letzterer sich gefüllt hat und die Luft wieder getreten ist, setzt man den von der Luftpumpe ausgehenden hlauch mit dieser engeren Röhre in Verbindung. Dieselbe füllt h alsdann mit einem Theile von dem Inhalte des Pfahles und kert zugleich den übrigen Theil auf. Da sie sich aber unten liefst, so kann man mit ihr nach und nach die ganze Erdmasse sheben.

Diese Erfindung wurde seit dem Jahre 1845 mehrfach, und zum Theil mit günstigem Erfolge angewendet *), besonders verdient der Bau eines Viaductes auf der Insel Anglesea Erwähnung. Jeder Pfeiler wurde dabei auf neunzehn gufseiserne Pfähle von 13½ Zoll äufserm Durchmesser und 15½ Fufs Länge gestellt, die in den Wänden 17 Linien stark waren. Das Versenken derselben erfolgte in der beschriebenen Art sehr schnell, mitunter sogar 2 Fufs tief in einer Minute. Nachdem die Pfähle bis zur beabsichtigten Tiefe von 12 Fufs in den Grund eingedrungen waren, und man den darin eingetretenen Sand ausgehoben hatte, füllte man sie mit Béton an. Sie bildeten einen sehr festen Pfahlrost und die daraufgestellten Pfeiler liefsen selbst beim Uebergange der schwersten Eisenbahn-Züge keine Bewegung bemerken.

Es dürfte hier die passendste Stelle sein, einer andern in neuster Zeit versuchten Methode zum Eintreiben gufseiserner Pfähle Erwähnung zu thun, die auf demselben Princip, nämlich auf der Auflockerung des Bodens beruht, obgleich der Luftdruck dabei nicht in Anwendung kommt. Dieses Verfahren ist in der That sehr einfach. Nachdem der hohle eiserne Pfahl an der Rüstung so befestigt ist, dafs er frei herabsinken, jedoch sich nicht seitwärts überneigen kann, so führt man bis nahe über dem untern Rande den Schlauch einer Feuerspritze herab, der mit zwei Ausgufsröhren nach entgegengesetzten Seiten versehn ist. Sobald die Spritze in Thätigkeit gesetzt wird und die starken Strahlen gegen den Boden unter der Röhrenwand gerichtet werden, so lockern sie diesen auf. Man dreht aber an einem Hebel den Pfahl, und verbreitet dadurch die Auflockerung rings umher. Das hindurchströmende Wasser findet den bequemsten Ausweg unmittelbar an der äufsern Wandfläche des Pfahles, wodurch hier in hohem Grade die Reibung gemäfsigt wird, und der Pfahl bald die erforderliche Tiefe erreicht. Die Bewegung mufs aber ohne Unterbrechung fortgesetzt werden, weil sonst die äufsere Erde nachstürzt, und alsdann der Pfahl sich so fest stellt, dafs man ihn weder heben, noch tiefer senken kann. Bei Fundirung des Leven-Viaductes in der Morecombe-Bai drangen die Pfähle in dieser Art jedesmal während 20 bis 30 Minuten 19 Fufs

*) Mittheilungen hierüber befinden sich in Förster's allgemeiner Bauzeitung. 1858. Seite 189.

tief ein. Bei der Kaimauer in Southport brachte man aber die Aenderung an, dafs man die untern Oeffnungen der Röhren durch Scheiben schlofs, die in ihrem Umfange mit sägeförmigen Zähnen versehn waren, welche vor die äufsere Wandung vortraten. In der Mitte der Scheibe war aber das Ausgufsrohr des Schlauches hindurchgeführt. Gewifs wird man von dieser Methode nur unter besonders günstigen Boden-Verhältnissen Gebrauch machen können, obwohl sie vielleicht vor der Anwendung der Luftverdünnung noch Vorzüge hat.

Mittelst der beschriebenen Luftverdünnung sollte 1851 die Fundirung der beiden Mittel- und der beiden Landpfeiler der Brücke bei Rochester über den Medway zur Ausführung kommen, und zwar wollte man unter jeden Mittelpfeiler vierzehn gufseiserne Röhren von 6 Fufs Weite stellen, deren einzelne Theile durch Flanschen im Innern verbunden waren. Nach vorgängiger Untersuchung des Baugrundes erwartete man, dafs die Versenkung derselben bis 20 Fufs unter die Sohle des Flufsbettes ohne Schwierigkeit möglich sein werde. Hierin hatte man sich indessen getäuscht. Der Boden war so compact, dafs das Wasser nur spärlich durch denselben in die Röhren eindrang und sonach die Auflockerung nicht erfolgte und die Pfähle sich nicht senkten. Dazu kam noch, dafs unter dem einen Landpfeiler vielfach Steine und Holzstämme sich vorfanden, die vollends die beabsichtigte Fundirungs-Art unmöglich machten.

Der Ingenieur Cubitt, der die Arbeiten leitete, entschlofs sich daher zu einem ganz entgegengesetzten Verfahren, nämlich die Räume in den Pfählen nicht luftleer zu machen, sondern die Luft darin so stark zu comprimiren, dafs das Wasser daraus zurückgedrängt würde, und der Boden ausgegraben werden könnte. Das Verfahren war sonach dasselbe, von dem Triger schon 1840 Gebrauch gemacht hatte, um einen Schacht bis zum Kohlenflötz abzuteufen, das einige sechszig Fufs unter dem Niveau der Loire bei Haie-Longue lag. Dabei wurde damals eine 5 Fufs 9 Zoll weite Blechröhre angewendet, die oben mit einer Luftschleuse versehn war (§ 8). Cubitt benutzte dagegen die bereits vorhandenen gufseisernen Röhren.

Er brachte an dem obern Ende jeder derselben je zwei kleine Luftschleusen an, die noch nicht 5 Quadratfufs in ihrer Grundfläche hielten, oben mit den Einsteige-Oeffnungen und zur Seite mit Thüren versehn waren. Zwischen beiden befand sich ein Krahn, mittelst

dessen man den mit Erde gefüllten Kübel aus der Tiefe heben und zugleich in eine der beiden Schleusen stellen konnte. *)

Sowol die Klappen, welche die Einsteige-Oeffnungen schliefsen, wie auch die Thüren öffneten sich nach innen und wurden durch den Luftdruck geschlossen erhalten. In Abständen von 9 Fufs unter einander, nämlich jedesmal auf den Flanschen der Röhren befanden sich Böden, die durch Leitern mit einander verbunden waren.

Die Operation war einfach diese, dafs mittelst einer Dampfmaschine Luft in die Röhre gepumpt und hier so stark comprimirt wurde, dafs sie das Wasser vom Eindringen durch die untere Oeffnung abhielt und es zurückdrängte. Auf diese Weise blieb die ganze Röhre wasserfrei, und man konnte den Boden darunter ausgraben und in die Kübel werfen.

Damit aber beim Ausbringen der Kübel aus der Röhre der Luftdruck nicht aufgehoben, sondern nur wenig vermindert würde, so hatte jede Luftschleuse doppelten Verschlufs und wirkte in ähnlicher Art, wie eine Schiffsschleuse. Sollte ein gefüllter Kübel entleert werden, so stellte man durch Oeffnen eines Hahnes die Verbindung der Röhre mit der Schleuse dar, und sobald der Luftdruck sich hier ausgeglichen hatte, öffnete man die Thüre, und schob mittelst des Krahns den Kübel hinein. Man löste die Kette, woran der Kübel hing, schob sie zugleich mit dem Krahne zurück und schlofs die Thüre. Nunmehr öffnete man ein Ventil, wodurch die Luft aus der Schleuse nach aufsen entwich, worauf die obere Klappe von selbst herabfiel, und alsdann wurde der gefüllte Kübel mit einer zweiten Winde durch jene Oeffnung, welche bisher von der Klappe geschlossen war, ausgehoben und verstürzt. Der Kübel konnte hierauf sogleich wieder in die Luftschleuse gestellt, und nachdem diese gegen die äufsere Luft geschlossen und mit der Röhre in Verbindung gesetzt war, bis zum Grunde herabgelassen werden. In gleicher Weise gingen auch die Arbeiter, so oft es nöthig, aus und ein.

Indem der starke Luftdruck gegen den obern Boden aufwärts wirkte, die Röhre auch vollständig leer von Wasser war, so verlor sie so sehr an ihrem Gewichte, dafs ihr weiteres Eindringen verhindert, und sie zuweilen sogar gehoben wurde. Um sie hinreichend zu

*) Wiener Bauzeitung. 1858. Seite 190.

kasten, mufste man zwei Balken darüber legen, an welchen symmetrisch zwei grofse Steinkasten gehängt waren. Es war jedoch zuweilen nöthig, das Gewicht auf einer Seite kräftiger wirken zu lassen, als auf der andern, wenn die Röhre nicht gleichmäfsigen Widerstand fand. Alsdann liefs man den einen Kasten in das Wasser eintauchen, damit er aber von der Strömung nicht in zu heftige Bewegung gesetzt würde, blieb nur übrig, diese beiden cylindrischen Kasten in Blechröhren zu hängen, die auf der Sohle des Flufsbettes aufstanden.

Endlich wäre noch zu erwähnen, dafs bei dem stellenweise sehr steinigten Grunde zuweilen das darüber angesammelte Wasser durch den starken Luftdruck nicht zurückgedrängt werden konnte. Man brachte daher einen Heber an, dessen längerer Schenkel bis zur Sohle herabreichte, während der kürzere in das äufsere Wasser tauchte. Hierdurch wurde die Entleerung sehr schnell bewirkt, doch mufste man aufmerksam sein, den Hahn sogleich zu schliefsen, sobald der Heber Luft schöpfte. Unterliefs man dieses, so hatte die heftige Ausströmung eine sehr schnelle Verdünnung der Luft zur Folge, die mit einer starken Abkühlung verbunden war. Letztere veranlafste plötzlich die Bildung eines so intensiven Nebels, dafs ungeachtet der im Schachte brennenden Lampen volle Dunkelheit eintrat.

Indem die Fundirung unter comprimirter Luft bei diesem Versuche sich so bewährt hatte, dafs man dadurch Schwierigkeiten überwand, die in andrer Weise nur mühsamer und mit gröfseren Kosten zu beseitigen gewesen wären, so wurde bald dasselbe Verfahren auch anderweit angewendet. In Frankreich geschah dieses bei verschiedenen Brückenbauten, wie bei Lyon, Moulins und Maçon, die erste und wichtige Anwendung dieser Methode war aber die Fundirung der Brücke über die Theifs bei Szegedin, die im Jahre 1857 durch die französische Eisenbahn-Gesellschaft zur Ausführung kam.

Der Oberbau, von Blech-Bogen getragen, ruht auf sieben Mittel- und zwei Land-Pfeilern. Die Durchflufs-Oeffnungen zwischen ihnen haben sämmtlich gleiche Weite, nämlich von 132 Fufs. Die beiden Landpfeiler, unter denen der Boden hinreichende Festigkeit hatte, sind unmittelbar auf diesem mit verbreiteten Banketen aufgemauert, die Mittelpfeiler dagegen, die durchschnittlich auf 9 Fufs Wassertiefe stehen, und wo der Untergrund zum Theil nur wenig Festigkeit

hatte, mufsten bis 38 Fufs unter das gewöhnliche Sommerwasser herabgeführt werden. Hierbei wurden gufseiserne Säulen angewendet, aus denen man mittelst starken Luftdruckes das Wasser beseitigte und in denen man den Boden ausgrub, wodurch wieder ihre tiefere Einsenkung erfolgte. Jeder Pfeiler bestand aus zwei Säulen, die über Wasser durch eine etwa 5 Fufs hohe Eisenplatte mit einander verbunden waren.

Die gufseisernen Säulen hielten 9½ Fufs im Durchmesser, da man ihnen die möglichste Weite geben wollte, ohne sie aus einzelnen Cylinder-Segmenten zusammensetzen zu dürfen. Ihre Wandstärke maafs 14 Linien. Jeder einzelne Theil war nahe 6 Fufs hoch, und sowol oben, wie unten mit einer nach innen vortretenden Flansche versehn, die durch eine Anzahl angegofsner Consolen verstärkt war, während zwischen je zweien der letzteren ein Schraubenbolzen diesen Theil des Cylinders mit dem anschliefsenden verband.

Die Röhren waren aus Schottland bezogen, doch wurde jede einzelne derselben auf der Baustelle an beiden Seiten abgedreht, so dafs sie nicht nur möglichst schliefsend auf einander pafsten, sondern auch concentrisch verbunden werden konnten. Nachdem sie in dieser Art vorbereitet waren, erfolgte erst das Bohren der Bolzenlöcher. Vor dem Zusammensetzen überstrich man aber die berührenden Flächen mit gewöhnlichem Eisenkitt aus Feilspähnen, Ammoniak und Schwefel-Blumen bestehend, der nach wenig Tagen vollständig erhärtet war, doch ist der Ingenieur Cezanne, der den Bau leitete, der Ansicht, dafs man besser gethan hätte, wie beim Brückenbau zu Bordeaux geschehn, eine Zwischenlage aus Kautschuk zu wählen.

Man war indessen nicht im Stande, die Röhren in ihren ganzen Längen auf dem Ufer zusammenzusetzen, weil sie dadurch zu schwer geworden wären. Sie konnten nur zur Hälfte verbunden werden, und von diesen wurde der untere Theil auf seine Stelle in Fahrzeugen geführt und hier von festen Rüstungen aus gehoben und auf den Grund gestellt. Er hing dabei jedoch in Ketten, bis die Vereinigung mit der andern Hälfte erfolgt war.

Wurden demnächst die Hängeketten gelöst, so drang die Säule sogleich mehrere Fufs tief in den Grund ein, sie mufste dabei aber zwischen den Führungen am Gerüste sehr sicher gehalten werden, damit sie weder sich überneigen, noch auch seitwärts schie-

n konnte. Durch fremde Belastung bemühte man sich, sie noch öglichst tief herabzudrücken, sobald dieses aber keinen Erfolg ehr hatte, so wurde die Luftschleuse eingesetzt, deren beide Bo- n man gegen die obern Flanschen befestigte. Beim Einpumpen der uft mufste die fremde Belastung beibehalten werden, weil die Röhre, bald das Wasser daraus zurückgetrieben war, weniger wog, als as Wasser welches sie verdrängte. Sobald die Luftpumpe in Be- egung gesetzt war, konnte man zwar die eingedrungene Erde urch die Luftschleuse ausheben, aber die beabsichtigte Senkung nterblieb dennoch entweder ganz, oder trat nur in geringem Maafse in. Um diese darzustellen, blieb nur übrig, dafs man die Arbeiter austreten liefs und den Cylinder mit der äufsern Luft in Verbindung etzte. Durch das alsdann eindringende Wasser vergröfserte sich nicht nur sehr bedeutend das Gewicht, sondern bei diesem Ein- strömen wurde auch der Boden unter dem Cylinder gelockert, so dafs oft ein plötzliches Herabsinken um mehrere Fufse erfolgte. Bei thonigem Boden, in welchem die starke Reibung gegen die Seitenwände die Röhre zurückhielt, waren diese heftigen Stöfse be- sonders gefährlich und bedrohten mehrmals die Rüstung, gegen welche die Führung sich lehnte. In Betreff der Versenkung mufs noch erwähnt werden, dafs man vielfach das eingedrungene Wasser nicht durch den Boden zurücktreiben konnte und man alsdann in eingestellten Hebern dasselbe aufsteigen und über dem äufsern Wasserspiegel abfliefsen liefs.

Aus vorstehender Beschreibung ergiebt sich, dafs diese Fundi- rungs-Art in mehrfacher Beziehung doch bedenklich ist und nament- lich dabei besorgt werden mufs, dafs der Cylinder schliefslich gar nicht von einer festen Erdschicht, vielmehr nur von der Reibung und Adhäsion der Seitenwände getragen wird. Letztere kann aber leicht mit der Zeit sich mäfsigen, und dadurch würde die Sicherheit des Baues wesentlich gefährdet. Um dieser Besorgnifs zu begegnen, wählte man bei Szegedin ein eigenthümliches Mittel. Man rammte nämlich zwölf Pfähle in jeden Cylinder, die etwa 18 Fufs unter den untern Rand desselben herabreichten. Dafs der Grund durch sie befestigt wurde, ist um so mehr anzunehmen, da sie aufserdem noch den günstigen Erfolg hatten, den ganzen Raum wasserdicht abzuschliefsen. Nachdem man das Wasser ausgepumpt hatte, schnitt man die Pfähle nahe über dem Grunde ab, und brachte Béton ein,

den man vorsichtig ausbreitete und bis zum obern Rande d ren auftrug. Dieser Béton schlofs sich also an die Röhre und namentlich an die Flanschen sehr scharf an, so dafs sei tere Trennung undenkbar ist, während er selbst auf den ruht. Man hatte also eigentlich die gufseiserne Säule auf Pfahlrost gestellt.

Bei den mancherlei Zufälligkeiten beim Versenken der konnte es nicht fehlen, dafs dieselben zuweilen tiefer eind als man beabsichtigt hatte, alsdann mufsten die Ringe, wel Capitäle trugen, etwas gröfsere Höhe erhalten. Eine andr gelmäfsigkeit, die bei einigen Pfeilern eintrat, liefs sich nich tigen. Es kam nämlich vor, dafs beim Versenken der zweite die daneben stehende erste wieder in Bewegung kam, und ner näherte. In diesem Falle blieb nur übrig, den Riegel, de verbinden sollte, in etwas geringerer Länge umzugiefsen. *)

Die verschiedenen Schwierigkeiten, die bei diesem Bau ei wurden zum Theil durch die Anwendung der gufseisernen veranlafst, welche eine gröfsere Ausdehnung der Fundamente lich machte. Eine wesentliche Verbesserung der Methode daher, als man statt des Gufseisens gewalzte Bleche wählte solchen liefsen sich nicht nur Kasten darstellen, welche den Pfeiler umfafsten, sondern die Versenkung derselben war auch rer, indem dieses Material weniger der Gefahr des Bruches setzt ist, wenn vielleicht die Unterstützung nicht gleichmäl oder heftige Erschütterungen eintreten. Ueberdiefs hatte die rung an den Kesseln der Hochdruckmaschinen bereits gezei solche Bleche sich sehr sicher und zugleich luftdicht verbind sen. Dazu kommt aber noch, das die auf solche Art cons Kasten mit horizontalen Decken versehn werden können, übe schon während des Versenkens die Uebermaurung sich an läfst, wodurch ein so grofses Gewicht dargestellt wird, d Kasten von selbst in dem Maafse tiefer eindringt, wie der Er darin ausgehoben wird.

Die erste und in jeder Beziehung höchst wichtige Fu dieser Art geschah beim Bau der Rhein-Brücke zwischer

*) Vorstehende Mittheilungen sind aus der von Cezanne gegeb schreibung in den *Annales des ponts et chaussées* 1859. *I. p.* 284.

d Strasburg im Jahre 1859. Wenn man in neuster Zeit auch
nche Modificationen eingeführt hat, so sind doch viele Anordnungen,
damals getroffen wurden, ungeändert beibehalten, und gewifs
nicht in Abrede zu stellen, dafs das ganze Verfahren sowol im
gemeinen, wie in allen Einzelheiten mit grofser Ueberlegung und
:hkenntnifs erdacht war und zur Ausführung gebracht wurde.
: Ingenieure Vuignier und Fleur-Saint-Denis entwarfen die Pro-
te, doch scheint der Bauunternehmer Castor dabei wesentlich be-
iligt gewesen zu sein, wenigstens erstattete die Gesellschaft zur
förderung der National-Industrie in Paris ihm ihren Dank für
n Eifer und die Sachkenntnifs womit er diese wichtige Ausfüh-
ng ermöglicht habe. Eine nähere Beschreibung der hierbei ge-
ihlten Einrichtungen dürfte daher sich rechtfertigen. *)

Zur Verbindung der beiderseitigen Eisenbahnen sollte zwischen
rasburg und Kehl eine Brücke erbaut werden, die zwei Geleise
d zwei Fufspfade enthielt. Ihre ganze Länge zwischen den Land-
eilern war auf 718 Fufs festgestellt. Die drei mittleren Oeffnun-
n durch feste Gitter überspannt, waren je 178 Fufs weit und
e zwei Oeffnungen an beiden Ufern, über welche Drehbrücken füh-
n, jede 83 Fufs. Man hatte sich dahin geeinigt, dafs die franzö-
sche Regierung den Bau der sämmtlichen Pfeiler mit Einschlufs der
undirung derselben, die Badensche Regierung dagegen die Dar-
ellung des Oberbaues übernehmen solle.

Das Strombette besteht bis zu grofser Tiefe aus Kies, der
doch von der starken Strömung fortwährend in Bewegung erhal-
n wird, so dafs man beim Fahren in kleinen Nachen und wenn
it dem Rudern inne gehalten wird, das Rollen des Kieses deutlich
ren kann. Diese Stromstrecke befindet sich übrigens noch in
hr ungeregeltem Zustande, woher vielfach hohe Bänke mit grofsen
iefen wechseln, doch bleiben beide keineswegs dauernd an ihren Stel-
n, vielmehr verändert sich häufig, und namentlich zur Zeit der oft
iederkehrenden Anschwellungen, das Bette so vollständig, dafs nicht
lten nach Ablauf des Hochwassers Tiefen von 20 bis 30 Fufs

*) Sehr wichtig sind die Mittheilungen von Schwedler und Hipp in Erb-
m's Zeitschrift für Bauwesen 1860. Seite 182, und eben so auch die Be-
hreibung, die Castor selbst unter Beifügung sehr schöner Zeichnungen in
m Werke: *Travaux de navigation et de chemins de fer*, Paris 1861, ver-
ntlicht hat.

verstärkte, wenn zufällig gerade höherer Wasser

Bei Ausführung dieser Fundirung wählte m
welches von der bisherigen Methode zum Vers
unter starkem Luftdrucke wesentlich verschieden
jedoch später wieder abgegangen ist, wiewohl e
ziehung vortheilhaft erscheint. Man hat nämlich d
Kasten, oder den Luftkasten, der den untern Theil
mit comprimirter Luft erfüllt, und man ist alsdann ge
die aus- und eingehenden Arbeiter nebst den Ge
Materialien jedesmal die Luftschleuse passiren z
man mufs auch die grofsen Massen des aus dem
hobenen Materials in gleicher Weise herausschaffen
dagegen bei der hier gewählten Anordnung dadur
in jedem Kasten sich eine weite eiserne Röhre
und unten offen war, worin sich also der äufsere
stellte, und worin man Baggermaschinen mit
einhing, die unmittelbar von der Sohle des Be
lösten, und ohne Vermittelung einer Luftschleuse
hoben, dafs es von selbst in die zur Abfuhr be
stürzte. Der Vortheil, den man dabei erreichte, b
die Baggermaschine durch Dampfkraft bewegt u
chenem Betriebe erhalten werden konnte, währen

In einer andern Beziehung hatte man die Vorsicht weiter ge-
en, als es nöthig war, wie man schon bei der Fundirung des
n Pfeilers bemerkte. Die Fundamente der beiden äufsern Pfei-
ollten 74 Fufs lang und 22½ Fufs breit sein. Man wagte aber
t Kasten von diesen Dimensionen, die nahe 11 Fufs hoch sein
en, im Zusammenhange darzustellen, und zerlegte sie daher in
ier besondere Kasten, von denen jeder bei gleicher Breite
Höhe nur 18½ Fufs lang war, also nicht nur an beiden Seiten
Wänden, sondern aufserdem auch mit einem besondern Brunnen
den Bagger und mit je zwei Einsteigeschächten versehn sein
ste. Als man indessen diese Kasten zur Fundirung des ersten
lers zusammensetzte, verband man sie schon durch einige Bolzen,
man später entfernen wollte, um sie einzeln zu versenken. Man
indessen diese leichte Verbindung beim ersten Herablassen noch
ehn, und fand auch später keine Veranlassung sie zu beseitigen,
er man für die folgenden Pfeiler eine solidere Verbindung dar-
te, und aufserdem auch, wie Figur *a* zeigt, in die Zwischen-
ide weite kreisrunde Oeffnungen einzuschneiden wagte, wodurch
nöglich wurde, die Vertiefungen in der ganzen Ausdehnung des
lers möglichst gleichmäfsig eintreten zu lassen, und sonach den gan-
Kasten gegen Durchbiegen oder Brechen um so mehr zu sichern.

Die Construction der Luftkasten ergiebt sich im Allgemei-
aus den Figuren. Starke Träger aus halbzölligem Eisenblech
in sich in beiden Richtungen unter den Decken hin und werden
wärts von eben so starken eisernen Winkel-Bändern oder Con-
en getragen, die zugleich wesentlich zur Absteifung der Seiten-
ide dienen. Die Blechstärke der letztern mifst nahe 4 Linien
l die der Decken 6 Linien.

Rings um jeden Brückenpfeiler war eine hohe Rüstung auf
gerammten Pfählen erbaut, die zwei Böden über einander trug,
i denen der untere etwa 9 Fufs, der obere aber 27 Fufs über
n mittleren Wasserstande lag. Darüber befand sich eine Ueber-
hung, damit unter allen Witterungs-Verhältnissen die Fundirung
ne Störung fortgesetzt werden konnte. Der untere Boden war
er dem Pfeiler offen. Auf dem obern lagen zu beiden Seiten der
ffnung starke Schienen, auf welchen ein Laufkrahn stand, mittelst
sen man sowol die Theile der Kasten, als auch die Mauerma-
ialien an jede beliebige Stelle niederlassen konnte. Nachdem in

dem untern Boden die Oeffnung durch übergelegte Balken überspannt war, wurden hier die vier Kasten zuerst einzeln zusammen geniethet und alsdann unter sich verbunden, sodann aber mittelst der Schrauben, die vom obern Boden getragen wurden, etwas angehoben. Hierauf konnten jene Balken zurückgezogen, und der ganze Kasten beliebig tief herabgelassen werden.

In der Decke jedes Kastens befanden sich, wie der Grundriß Fig. 270c zeigt, drei Oeffnungen. Die mittlere ist für den offenen Förderschacht bestimmt, der bis unter den untern Rand des Kastens herabreicht, und worin die Baggermaschine hängt. Die beiden andern dienen zur Verbindung mit den Einsteigeschachten, die mit Luftschleusen versehn sind. Zwei solcher Schachte waren nothwendig, wenn keine Unterbrechung eintreten sollte, sobald beim tiefern Einsenken ihre weitere Erhöhung nothwendig wurde. Man hat diese Schachte daher nicht gleichzeitig, sondern abwechselnd gebraucht. Daſs die drei aus Eisenblech bestehenden Schachte luftdicht mit der Decke des Kastens verbunden waren, bedarf kaum der Erwähnung.

Wichtig ist die Anordnung der Schrauben, die man auch bei spätern Bauten ohne wesentliche Aenderung beibehalten hat. Ueber den obern Boden treten durch kräftige Verstrebungen unterstützt an jedem Ende eines einzelnen Kastens drei eichene Balken von 9½ Zoll im Gevierten vor, so daſs die zwei darauf liegenden gußeisernen Scheiben mit ihren Oeffnungen sich nahe lothrecht über dem äußern Rande des Kastens befinden. Solcher Scheiben sind aber jedesmal zwei neben einander gelegt, nämlich eine zwischen den ersten und zweiten und die andere zwischen den zweiten und dritten Balken, so daſs je zwei Schrauben durch die drei Balken hindurchgreifen. Eine Schraube kann nämlich nur so lange gebraucht werden, bis sie nahe ausgelaufen, oder die Mutter bis gegen ihr oberes Ende getreten ist. Damit alsdann die weitere Senkung vorgenommen werden kann, muſs eine zweite vorgerichtet sein, an welche man den Kasten hängt.

Die Schrauben, aus Eisen bestehend, halten 3 Zoll im Durchmesser und sind, wie Fig. 272 zeigt, 8 Fuſs lang, die Muttern aus Glockenmetall sind in den untern Flächen flach sphärisch und zwar convex abgedreht, eben so auch die gußeisernen Platten, auf denen sie ruhn, damit die Schrauben sich jederzeit nach der Richtung des

ges einstellen können. Die Schrauben sind an den untern Enden it Oesen versehn, woran durch Schraubenbolzen gabelförmige ngeeisen befestigt sind, die abwärts wieder solche umfassen, und fort, so dafs sich aus diesen eine Kette bildet, die aus Gliedern n 6 Fufs Länge besteht. So oft eine Schraube ausgelaufen, und eder zurückgedreht ist, wird ein neues Glied in die Kette einge-haltet. Die Kette greift unten durch einen starken Bügel, der an e Seitenwand des Kastens angeniethet ist, wie Fig. 272*b* zeigt.

Um die sämmtlichen sechszehn Schraubenmuttern gleichmäfsig bewegen, an denen die vier mit einander verbundenen Kasten ngen, sind alle Muttern übereinstimmend mit Zähnen versehn, in elche sowol in der einen Richtung wie in den andern Sperrkegel greifen, die an eisernen Hebeln, gleichsam Schraubenschlüsseln, n 6 Fufs Länge befestigt sind. Die Hebel werden an jeder Seite s Pfeilers durch Eisenstangen unter sich verbunden (Fig. 270*c*), d wie man diese anzieht, so bewegen sich alle Muttern um eine iche Anzahl von Zähnen, oder der ganze Kasten senkt sich auf ier Seite gleich tief. Indem aber auf der andern Seite die Be-gung nach demselben Zurufe erfolgt, so tritt auch hier die gleich-lfsige Senkung ein.

Vor der Versenkung jedes Kastens waren bereits die Anfänge r verschiedenen Schachte angeniethet. Die Fördeschachte, deren elle weiter aufwärts das Mauerwerk vertrat, reichten nur bis zu äfsiger Höhe herauf, die Einsteigeschachte mufsten dagegen bei iferem Herabgehn des Kastens immer verlängert werden, weil sie i den obern Enden die Luftschleusen tragen sollten.

Die mit einander verbundenen Kasten mufsten so schwer sein, ls sie versanken, doch durften sie nicht die Schrauben zu stark elasten. Letzteres war am meisten während der Zeit zu besorgen, ls die Kasten über Wasser schwebten. Sie wogen alsdann zu-mmen 2900 Centner. Beim weitern Eintauchen verloren sie an rem Gewichte, denn man konnte alsdann, indem die Luftpumpen Thätigkeit gesetzt wurden, das Wasser aus den Kasten verdrän-n und dadurch den Auftrieb wesentlich verstärken, während die ebermaurung, soweit es thunlich war, in das Wasser eintauchte.

Ursprünglich war es Absicht gewesen, und bei dem ersten Pfei-r geschah dieses auch wirklich, die Uebermaurung nur in einer wissen Höhe beginnen zu lassen, und zunächst über dem Kasten

eine Betonschüttung anzubringen, die von hölzernen Wänden umschlossen war. Man fand diese Vorsicht aber bald entbehrlich, und stellte das Mauerwerk im Innern aus Bruchsteinen und im Aeufsern aus roh bearbeiteten Werkstücken schon unmittelbar auf die Kasten, indem man aber die Seitenflächen nach innen ein wenig zurückzog, so wurde das Versenken merklich erleichtert.

Die Baggermaschine war im Wesentlichen dieselbe, die Régnaortes schon beim Bau der Brücke zu Moulins benutzt hatte. Je zwei derselben wurden durch eine Dampfmaschine von 12 Pferdekräften getrieben. Um den untern Trommeln der Baggerketten eine sichere Haltung zu geben, und um sie nach beendigter Versenkung des Pfeilers wieder ansheben zu können, so sind dieselben an Rahmen befestigt, die man in gewissen Führungen des Schachtes tiefer herablassen oder heben kann, und die nur in Ketten hängen. Jeder Baggereimer faſst 1,6 Cubikfuſs, und dieselben sind ungefähr 8 Fuſs von einander entfernt. In jedem Kasten stehn vier Arbeiter, die den Kies von den Seitenwänden des Kastens in die Vertiefung hineinschaufeln, wo die Baggermaschine denselben faſst und hebt. Da die Geschwindigkeit der Kette nahe 4½ Zoll beträgt, so hätte man erwarten dürfen, daſs die vier Baggermaschinen in der Stunde etwa 10 Schachtruthen heben würden, der wirkliche Effect stellte sich aber wegen der vielfachen Unterbrechungen und da die Eimer sich keineswegs immer vollständig füllten, durchschnittlich nur etwa auf 3 Schachtruthen.

Die Baggermaschine war übrigens wie bei den vertikalen Leitern immer geschieht, so eingerichtet, daſs vor der Entleerung jedes Eimers die steil abfallende Rinne, worin der Kies in das zu seiner Aufnahme bestimmte Fahrzeug stürzt, bis unter den Eimer verlängert wird. In diesem Falle erfolgte das Vor- und Zurückschieben der Verlängerung durch einen besonders dazu angestellten Arbeiter.

Die Einsteige- oder Fahr-Schachte waren cylindrische Blechröhren von 3 Fuſs Weite. Sie waren unten mit einem Ansatze versehn, gegen welchen eine Klappe sich luftdicht anschloſs. Dieselbe war in demjenigen Schacht, den man gerade benutzte, geöffnet, da der Verschluſs in der Schleuse statt fand, nur während der Verlängerung eines Schachtes, wobei die Schleuse abgehoben werden muſste, kam diese Klappe zur Wirksamkeit, und so lange der starke Ueberdruck im Innern statt fand, wurde sie durch diesen

geschlossen gehalten. In den Schachten befanden sich eiserne Leitern, die sich, wie die Figuren zeigen, bis durch die Schleusen hindurch fortsetzen. Auch die Einrichtung der Schleusen ergiebt sich aus den Zeichnungen. Sie sind über 6 Fuſs weit und zwischen den beiden Böden 8 Fuſs hoch. In den letzteren befinden sich die Einsteige-Oeffnungen, die durch starke Klappen luftdicht geschlossen werden. Bei dem groſsen Gewichte dieser Klappen war es aber nöthig, besondere Winden zu ihrem Anheben und sanften Herablassen anzubringen. Auſserdem waren Hähne angebracht, durch welche die Schleuse sowol mit der äuſsern Luft, als mit derjenigen im Kasten in Verbindung gesetzt werden konnte.

Um aus den Kasten beim Versenken das Wasser zu verdrängen und sie mit Luft zu füllen, waren sehr kräftige Luftpumpen vorgerichtet, die durch Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt wurden und sich auf besondern Fahrzeugen befanden. Man hatte deren Leistungsfähigkeit nach dem muthmaaſslichen Bedürfniſs bestimmt, als die Besorgniſs angeregt wurde, der Verlust an Luft möchte sich vielleicht noch höher stellen, woher man überdieſs eine Hülfsmaschine hinzufügte, die durch eine Dampfmaschine von 25 Pferdekräften getrieben wurde. Sie pumpte in der Stunde etwa 13000 Cubikfuſs atmosphärischer Luft in den Kasten, doch verminderte sich dieses Volum in gröſserer Tiefe nach dem Mariotteschen Gesetze bis auf die Hälfte und sogar auf den dritten Theil. Man machte die Beobachtung, daſs diese Maschine allein genügte, um einen der beiden mittleren Pfeiler, die wegen ihrer geringeren Länge nur aus je drei Kasten bestanden, bis 27 Fuſs unter Wasser zu senken. Gewiſs war die Vorsicht in Betreff der doppelten Pumpen sehr wichtig, und trug wesentlich zum geregelten Fortgange des Baues bei, da bei jedem Zutritt des Wassers in den Kasten nicht nur eine Unterbrechung der Arbeit, sondern auch wegen der Auflockerung des Untergrundes die unangenehmsten Erfolge zu erwarten sind, das Versagen einer Pumpe aber wegen eingetretener Beschädigungen nie mit Sicherheit vermieden werden kann. Bei der erwähnten Hülfspumpe hatte man den Cylinder in einen Wasserkasten gelegt, dessen Inhalt durch steten Zufluſs fortwährend erneut wurde, um die Luft, die bei der starken Compression eine hohe Temperatur annahm, etwas abzukühlen, und dadurch den Aufenthalt im Kasten minder beschwerlich zu machen.

V. Fundirungen.

Nachdem die Kasten in sich verbunden und bis zu einer gewissen Höhe mit ihren Schachten versehn waren, hob man sie mittelst der Schrauben an, so dafs sie an diesen hingen und an denselben soweit herabgelassen werden konnten, dafs ihre Decken nur wenig über Wasser vorragten. Alsdann übermauerte man sie, und schloß die Mauern an die Förderschachte scharf an, während rings um die Einsteigeschachte ein geringer Raum frei gelassen wurde, um diese später ausheben, und bei andern Kasten aufs Neue gebrauchen zu können. Die weitere Verlängerung des Förderschachtes wurde aber nur bis zur Höhe von 18 Fufs über der Decke des Kastens fortgesetzt, indem der luftdichte Anschlufs des Mauerwerks [illegible] dargestellt war, und weiter aufwärts das letztere seine Stelle vertreten mufste.

Auf solche Art wurde die Versenkung der Kasten so weit fortgesetzt, bis sie die Sohle des Strombettes erreichten. In einem Falle wich dieses sehr stark von der Horizontal-Ebene ab, indem [illegible] am vordern Kopfe 16, am hintern aber 24 Fufs unter Wasser lag. Durch vorhergehende Baggerung mufste diese grofse Ungleichmäfsigkeit beseitigt werden.

[illegible] Kasten eines Pfeilers endlich auf dem Grunde, so [illegible] in Bewegung, und wenn diese das Was[illegible] stiegen vier und zwar jedesmal recht [illegible] einzelnen Kasten, wo sie möglichst gleich[illegible] und ihn unter den Bagger-Schacht war[illegible] einigen dreifsig Fufs verursachte der Luft[illegible] Beschwerde, doch trat solche bei eini[illegible] wärts ein, woher sie durch Andre abgelöst [illegible] wenn der Druck auf drei Atmosphä[illegible] Falle eine nachhaltige Störung der [illegible] Arbeiter, welche durch andre abgelöst waren, [illegible] wieder zum Eintritt bei einem neuen Pfeiler.

Die Versenkung des ersten Pfeilers nahm 85 Tage in An[illegible] vielfache Unterbrechungen eintraten, die des [illegible] 14 Tage, die des dritten 26 und die des vierten nur 22 Tage. Wenn die Arbeit in vollem Gange war, so sank der Pfeiler im Sandboden Anfangs in der Stunde bis 4 Zoll herab, bei der gröfsten Tiefe aber nur noch 1 Zoll, durchschnittlich nahe 3 Zoll. Bei grobem Kiese war das Eindringen mäfsiger. Die ganze ausgehobene

Sand- und Kies-Masse stellte sich etwa auf das 1¼fache von dem Volum des Pfeilers und des Kastens.

Ueber die Ausfüllung der bis zur beabsichtigten Tiefe versenkten Kasten mit Cement oder Béton wird in der folgenden Beschreibung ähnlicher Fundirungen die Rede sein, da in Bezug auf die Rheinbrücke nähere Mittheilungen hierüber nicht veröffentlicht sind.

Dieselbe Fundirungsart, die man bei der Kehler Brücke gewählt hatte, wurde mit wenigen Abänderungen auch beim Bau der Eisenbahnbrücke über den Pregel in Königsberg angewendet. Mehrfache Erfahrungen, die man in diesem Falle machte, sind so wichtig, dafs ihre Mittheilung nicht umgangen werden darf*).

Um die Ostbahn mit der Bahn von Königsberg nach Pillau in Verbindung zu setzen, mufste der Pregel überbrückt werden und dieses geschah, wie es für das Interesse der Bahn am günstigsten erschien, auch in fortificatorischer Beziehung gewünscht wurde, unmittelbar neben dem Bahnhofe der Ostbahn, also am untern Ende der Stadt, so dafs alle einkommenden und ausgehenden Seeschiffe gezwungen sind, die Drehbrücke zu passiren. Der Pfeiler, worauf diese ruht, liegt nahe am südlichen oder linken Ufer. Die Durchlafsöffnung ist 47 Fufs weit, die Breite des anschliefsenden Strompfeilers mifst 13 Fufs, und die Entfernung desselben vom rechten Ufer, die durch eiserne Polygonal-Träger überspannt ist, 195 Fufs. Das Strombette besteht, wie die anschliefsenden und sich weit ausdehnenden niedrigen Ufer bis zu grofser Tiefe, aus sehr lockern, schlammigen Ablagerungen. Eine 8 Fufs mächtige Kiesschicht, die auf reinem Sande aufliegt, wurde erst 50 Fufs unter dem mittleren Wasserstande angetroffen, während die Wassertiefe hier 28 bis 30 Fufs beträgt und nur unmittelbar neben den Ufern sich etwas vermindert.

Unter diesen sehr ungünstigen Local-Verhältnissen schien es gerathen, den Strompfeiler auf eine zusammenhängende und möglichst weit ausgedehnte Fundirung zu stellen, woher man die bei der Kehler Brücke gewählte Methode zum Muster nahm. Von der Zerlegung des Kastens in drei oder vier kleinere, die sich bereits als entbehrlich herausgestellt hatte, wurde abgesehn. Man wählte

*) Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen. 1866. Seite 518.

daher einen einzigen Kasten aus Eisenblech, der 47 Fuſs lang, 17 Fuſs breit und 9 Fuſs hoch war. Die Blechstärke maals 4½ Linien. Die Decke wurde in Abständen von 3½ Fuſs durch Querträger von 2 Fuſs Höhe unterstützt, und diese waren in gleichen Entfernungen durch Längsträger mit einander verbunden, deren Höhe, soweit nicht eine besondere Verstärkung nöthig war, nur 10 Zoll betrug. Die Seitenwände schlossen sich an Consolen an, die am Fuſse der Wände scharf ausliefen, oben aber 3½ Fuſs breit, und aufserdem nicht nur an den aufgehenden Rändern, sondern auch an jeder Seitenfläche mit je drei horizontalen Eckeisen versehn waren. Sogleich nach der Zusammenfügung des Kastens wurden zwischen je zwei Consolen passende Stücke Eichenholz auf die untern Eckeisen gelegt und darüber eine Maurung ausgeführt, deren Schichten aus der horizontalen Richtung bald in eine schwache Wölbung übergingen, damit die oberen Eckeisen gleichfalls zum Tragen kämen. In dieser Art wurden die Nischen zwischen den Consolen vollständig gefüllt. Aufserdem überspannte man die quadratischen Felder zwischen den Trägern der Decke mit flachen Kappen. Dieses Mauerwerk, welches den innern Raum nicht beengte, liefs sich im leeren und feststehenden Kasten unbedingt besser ausführen, als nach dem vollständigen Versenken, aufserdem aber trug es auch zur Vermehrung der Luftdichtigkeit des Kastens bei.

Die auf eingerammten Pfählen ruhende Rüstung stellte wieder zwei Etagen dar, von denen die untere, die nur 4 Fuſs über Wasser lag, als eigentliche Baurüstung zur Zusammensetzung des Kastens diente, und daher mit einer 50 Fuſs langen und 19 Fuſs breiten Oeffnung versehn war, während die obere die Schrauben-Vorrichtungen zum Herablassen des Kastens und die Geleise für den Laufkrahn trug. Sie stellte gleichfalls eine ziemlich freie Oeffnung dar, durch welche mittelst des Krahnes die Maurermaterialien, so wie die Luftschleusen u. d. g. in der ganzen Ausdehnung des Pfeilers bequem gehoben und versetzt werden konnten.

Die Vorrichtungen zum Heben und Senken des Kastens, waren genau dieselben wie bei der Kehler Brücke. Die Anzahl der Schrauben oder Hänge-Eisen betrug im Ganzen 32, und auch hier befanden sich immer je zwei nahe neben einander, nur war ihre Benutzung insofern abweichend, als man hier nicht nur die Hälfte derselben gleichzeitig in Wirksamkeit setzte, während die

andre Hälfte zur weiteren Versenkung vorbereitet wurde, vielmehr die Einrichtung getroffen war, dafs immer nur 1 oder höchstens 2 Schrauben auf einmal gelöst und neue Kettenglieder eingeschaltet werden durften. Die Senkung liefs sich nur auf 1 Fufs in der Stunde bringen, was beim geregelten Fortgange der Arbeit genügte.

In der Decke des Kastens befanden sich drei Oeffnungen, eine für den Baggerschacht und die beiden andern für die Einsteige-Schachte. Die erste Oeffnung war 5 Fufs weit, und durch einen Blechcylinder umgeben, der von der Decke bis 1 Fufs unter den untern Rand des Kastens herabreichte. Ueber dem Kasten setzte sich der Schacht nur in dem gemauerten Brunnen fort. Aus diesem traten vier eiserne Consolen zur Führung der Baggerleiter vor, die bis zu einer mäfsigen Höhe sich erhob. Damit man aber, wenn die Leiter etwa ausgenommen werden mufste, sie später wieder einstellen könnte, so wurden an das Mauerwerk zwei Blechrinnen befestigt, welche die Fortsetzung der Führung bildeten. Die Baggermaschine war dieselbe, wie bei der Kehler Brücke, bei ihrer Aufstellung war aber die Aenderung eingeführt, dafs sie nicht wie dort auf dem festen obern Boden, sondern auf dem Mauerwerk des Pfeilers ruhte, also die obere Trommel an allen Bewegungen desselben Theil nahm. Sie wurde wieder durch eine Locomobile getrieben.

Ueber die zwei Einsteigeschachte, von 3 Fufs Weite, ist nichts zu bemerken und eben so wenig über die Luftschleusen, deren Weiten 6 Fufs und deren Höhen 10 Fufs mafsen.

Nachdem der Kasten vollständig zusammengesetzt und zwischen den Consolen, wie in den Deckenfeldern ausgemauert war, wurde er etwas angehoben und der provisorische Boden darunter beseitigt. Nunmehr begann die Uebermaurung, indem man eine Werksteinschicht darüber in hydraulischem Mörtel versetzte. Das folgende Mauerwerk wurde nur aus hart gebrannten Ziegeln in Cement-Mörtel ausgeführt. Um jedoch das Gewicht desselben möglichst zu ermäfsigen, da die Rüstung ohnerachtet der langen Pfähle nicht unbedingt sicher erschien, so wurde der Pfeiler noch nicht voll ausgemauert, vielmehr nur rings umher, so wie um die drei Schachte mit 2½ oder 2 Fufs starken Mauern umgeben, wozu noch die drei Zwischenmauern neben den Schachten kamen. Es blieben also acht hohle Räume frei, deren Querschnitte nahe die Hälfte von dem des Pfeilers enthielten. Es mufs aber noch bemerkt werden, dafs an

den vier Ecken Maafsstäbe eingemauert wurden, mit welchen man die Schichten häufig verglich, um sich zu überzeugen, dafs sie überall gleich weit von der Decke des eisernen Kastens entfernt waren, derselbe also gleichmäfsig belastet wurde.

In gleichem Maafse, wie die Mauer an Höhe zunahm, wurde der Kasten tiefer herabgelassen. Am 5. October 1864 tauchte der untere Rand des Kastens in das Wasser ein, und am 26. October berührte er das Flufsbette, während die Schrauben und Hänge-Eisen einem Zuge von etwa 7000 Centner ausgesetzt waren. Indem nunmehr die Luft-Pumpe in Bewegung gesetzt und das Wasser aus dem Kasten entfernt wurde, so verminderte sich der Druck auf die Rüstung so sehr, dafs man zur Ausmaurung der bisher noch offen gelassenen Räume übergehn konnte. Von jetzt ab wurde auch die Bagger-Maschine in Thätigkeit gesetzt, indem 10 Mann im Kasten standen und aus dem ganzen umschlossenen Raume die Erde der Maschine zuwarfen. Die Arbeit wurde Tag und Nacht hindurch fortgesetzt, indem eine dreifache Ablösung eingerichtet war, die einzelnen Arbeiter blieben jedoch jedesmal nur 4 Stunden unten, indem sie zweimal am Tage herabgingen.

Die Versenkung erfolgte anfangs ganz regelmäfsig, und wenn der Kasten zuweilen an einer Seite stärkeren Widerstand fand, als an der andern, so nahm er doch bald wieder die horizontale Lage an, indem neben der zurückbleibenden Wand die Erde besonders tief ausgestochen und vor den Bagger geworfen wurde.

So war der Kasten am 5. November 11 Fufs tief in das Flufsbette eingedrungen, als die Locomotive ihren Dienst versagte, und eine geringe Ausbesserung erforderte, die in wenig Stunden beendigt sein konnte. Diese kurze Unterbrechung hatte aber sehr ernste Folgen, denn der Pfeiler fing bald an, sich zu senken. Man bemühte sich zwar die Hängeeisen möglichst schnell herabzulassen, doch ging dieses nicht rasch genug von statten, und da nunmehr ohne den Gegendruck der Luft und den Widerstand des Bodens der Pfeiler einen Zug von 15 000 Centner ausübte, so sank derselbe plötzlich noch 6 Zoll tiefer. Wiewohl die Hängeeisen dabei unversehrt blieben, so neigten sich doch die beiderseitigen Rüstungen gegen einander, und erlitten einige Beschädigungen. Indem man mit dem Zurückdrehn der Schrauben fortfuhr und diese entlastete, so nahmen die Rüstungen später wieder ihre frühere Stellung ein.

Die Ursache dieses Unfalls war leicht erklärlich. Indem die ft entwich, so drang unter den Wänden des Kastens das Wasser n, und rifs zugleich den daselbst liegenden Sand und Schlamm mit ch, den es in den Kasten und vorzugsweise in den Baggerschacht hrte. Eben so wie nach den obigen Mittheilungen Röhren dadurch hrfach versenkt sind, dafs man unter ihren Rändern eine starke tömung veranlafste, so war hier aus demselben Grunde derselbe folg herbeigeführt.

Die gröfste Störung verursachte der in den Baggerschacht eindrungene Sand. Die Maschine war so eingeklemmt, dafs selbst ter einem Zuge von 150 Centner die Kette nicht bewegt werden nnte. Man sah kein andres Mittel zur Beseitigung des Sandes, dafs man denselben aufzulockern versuchte. Zu diesem Zwecke hrte man vom Kasten aus Löcher in den Baggerschacht, und beihte sich durch diese den Sand theilweise herauszuholen, indem an gekrümmte Eisenstangen hineinschob und umdrehte, doch war r Erfolg ganz unbedeutend, und eben so auch, wenn man durch ese Löcher Wasser hineingofs.

Es blieb nur übrig, durch tiefes Aufgraben den Schacht von ten zu entleeren. Zu diesem Zwecke mufste der ausgehobene Bon durch die Luftschleuse beseitigt werden. Dieses verursachte enig Schwierigkeit, indem man auf passenden Gestellen zwölf Eier in der Schleuse unterbringen und diese zusammen durchschleun konnte.

Es wurde sonach die Versenkung des Kastens wieder begonnen id beim Aufgraben vorzugsweise dafür gesorgt, unter dem Baggerhacht eine recht tiefe Grube frei zu halten, in welche der Sand n oben herabstürzte. Dabei drang auch der Kasten etwas tiefer , und als endlich am 16. November der Schacht so weit geleert ar, dafs die Maschine wieder in Thätigkeit gesetzt werden konnte, trug die inzwischen erfolgte Senkung etwa 1½ Fufs, die Förderung durch die Schleusen hatte indessen nahe dreimal mehr gekostet, s durch die Baggermaschine.

Die Arbeit nahm hierauf während einiger Tage einen geregelten rtgang, und der Kasten war bis 40 Fufs unter Wasser gesunken, s man am 20. November bemerkte, dafs die Luftpumpe nicht ge-

hörig wirkte, weil die Kolben undicht geworden waren. Eine Reparatur war nothwendig, die indessen, da Alles vorbereitet wurde, in wenig Stunden beendigt werden konnte. Man war indessen so vorsichtig, beim Einstellen des Pumpen-Betriebes die Baggermaschine sogleich auszuheben. Aufserdem drehte man auch, so schnell es geschehn konnte, die Schraubenmuttern zurück, indem man hierdurch das stofsweise Versinken des Kastens zu verhindern meinte. Dieses war jedoch nicht der Fall, derselbe sank vielmehr plötzlich 2¼ Fufs herab, und die Rüstung verschob und krümmte sich dabei sehr bedenklich.

Nachdem die Hänge-Eisen gesenkt waren, wurden die beiderseitigen Rüstungen so fest gegen einander verstrebt, wie die Benutzung des Laufkrahnes es irgend gestattete. Die Oberfläche des Pfeilers war in der Längenrichtung um 6 und in der Querrichtung um 2 Zoll aus der Wage gekommen, was sich durch kräftigeres Aufgraben neben den minder tief herabgesunkenen Wänden später ausgleichen liefs. Die hierbei eingetretene Versandung ergab sich aber viel stärker, als sie bei dem ersten Unfall gewesen war. Der Kasten hatte sich bis zur Decke mit Sand angefüllt, aufserdem war dieser aber auch in beide Einsteige-Schächte gestiegen und zwar in den einen 13, in den andern 3 Fufs hoch, während seine Höhe im Baggerschachte 12 Fufs betrug.

Man mufste mit den Ausgrabungen in einem der beiden ersten Schachte den Anfang machen, und aus diesem in den Kasten herabgehn, um denselben nach und nach zu entleeren. Beide Luftschleusen zusammen förderten in 24 Stunden 4 Schachtruthen, und bei der grofsen Schwierigkeit, welche die Aufräumung des Baggerschachtes verursacht haben würde, entschlofs man sich, von der weitern Benutzung desselben ganz abzusehn. Dieses empfahl sich um so mehr, als schon in der letzten Zeit des Betriebes der ausgestochene Boden viel compacter geworden war, so dafs man nur gröfsere Klumpen abstach, die von den Bagger-Eimern selten gefafst und gehoben wurden.

Inzwischen war starker Frost eingetreten, der jedoch die Arbeit in sofern nicht hinderte, als die Temperatur im Kasten sich dauernd auf + 10 Grade Réaumur erhielt. Nur beim Durchgange durch die Schleuse war der plötzliche Luftwechsel, der zugleich eine starke Nebelbildung veranlafste, sehr unangenehm und nach-

theilig. Die Seitenreibung gegen den Pfeiler wurde in der grofsen Tiefe so bedeutend, dafs die weitere Senkung nicht früher erfolgte, als bis man einige Zoll tief unter dem untern Rande des Kastens die Erde ausgegraben hatte.

Am 12. December erreichte man endlich 50 Fufs unter dem Wasserspiegel eine Kiesschicht. Die Mächtigkeit derselben betrug, wie eine neue Bohrung ergab, 8 Fufs und sie ruhte auf reinem Sande. Dieses schien ein hinreichend fester Baugrund zu sein, woher die Versenkung hiermit abschlofs. Der Boden unter dem Kasten wurde geebnet und alsdann übermauert. Die Steine, wie den Mörtel mufste man durch die Luftschleusen herablassen, und das Mauerwerk wurde ringförmig um die beiden Luftschleusen und zwar immer in der vollen Höhe vom Boden bis zur Decke so ausgeführt, dafs es sich nach und nach den Mittellinien der Schachte näherte, bis der letzte cylindrische Raum endlich geschlossen werden konnte und die Arbeiter in den Schacht traten. Nunmehr wurde der Betrieb der Luftpumpe eingestellt, die Luftschleusen abgenommen, und die eisernen Röhren, welche die Schachte bildeten, ausgehoben. Die Schachte selbst füllte man aber bis zum gewöhnlichen Wasserstande des Pregels mit Béton an. Um sich zu überzeugen, ob der Pfeiler hinreichende Tragfähigkeit besäfse, brachte man später eine Probe-Belastung von 9500 Centnern darauf, die dem gröfsten Gewichte entsprach, welches der Pfeiler zu tragen haben würde. Es war dabei keine Senkung zu bemerken.

Aus vorstehenden Mittheilungen ergiebt sich, dafs man in Betreff der Beschaffenheit des Baugrundes hier weit gröfsern Schwierigkeiten begegnete, als bei Fundirung der Kehler Brücke. Diese zeigten sich namentlich darin, dafs man der Rüstung nicht die nöthige Festigkeit geben konnte. Andrerseits handelte es sich hier nur um die Erbauung eines einzigen Pfeilers, und deshalb mochte man bei Beschaffung der nöthigen Apparate nicht zu weit gehn. Die beiden erwähnten sehr unangenehmen Störungen wären vermieden worden, wenn man für Ersatz der Pumpe und Locomobile gesorgt hätte, so dafs beim Schadhaftwerden einer Maschine augenblicklich eine andere für sie eintreten konnte. Auch die Baggermaschine, obwohl sie sich sehr zu empfehlen scheint, insofern sie ganz unabhängig von dem Luftdruck das Material von der Sohle der Baugrube aushebt, leistete in dem compakten Boden, den die

Eimer nicht durchschnitten, verhältnifsmäfsig nur wenig. Indem die Maschine aufserdem auch vielfachen Beschädigungen ausgesetzt war, und namentlich bei eintretenden Zufälligkeiten nur schwer wieder in Thätigkeit zu setzen war, so benutzte man sie schliefslich gar nicht mehr, und zwar gerade in der Zeit, als sie wegen der grofsen Förderungs-Höhe vorzugweise vortheilhaft gewesen wäre.

Obwohl bei Fundirung der Rheinbrücke, soviel bekannt, kein Unfall sich ereignet hatte, so zeigte sich dennoch schon hier, dafs die Methode mit manchen Mängeln verbunden sei, die sich wohl beseitigen liefsen. Als daher der Unternehmer Castor zwei Jahre später, im Winter von 1861 auf 1862 auf der Bahnlinie von Paris nach Dieppe die Brücke zu Argenteuil über die Seine ausführte, so wählte er eine wesentlich verschiedene Anordnung, die später auch vielfache Nachahmung gefunden hat. In der bereits erwähnten Schrift sagt Castor, dafs diese neuere Methode vor der früheren durch ihre Einfachheit, so wie durch gröfsere Wohlfeilheit und Sicherheit den Vorzug verdiene. *)

Die Brückenpfeiler wurden bei diesem Bau nicht mehr in ihrer ganzen Ausdehnung fundirt, sondern auf je zwei Säulen von 11½ Fufs Durchmesser gestellt, die über Wasser mit einander verbunden wurden. Die Versenkung jeder dieser Säulen geschah wieder unter starkem Luftdrucke, über dem Luftkasten stand aber nur ein einzelner ummauerter Schacht, der sich oben an die Luftschleuse anschlofs.

Jede Säule ist in ihrer ganzen Höhe von einem eisernen Mantel umschlossen, wie Fig. 271 zeigt. Castor wählte dazu Gufseisen, doch erklärt er schon in der Beschreibung, die er abfafste, nachdem er erst vier Säulen versenkt hatte, dafs die Anwendung des Eisenbleches sich hierzu mehr eigne, auch wohlfeiler sei. Die gufseisernen Ringe, die er übereinander legte, hielten bis zum Spiegel des Sommerwassers 11½ Fufs und weiter aufwärts 10 Fufs im Durchmesser, und waren 3¼ Fufs hoch. Die Flanschen, durch angegossene kleine Consolen unterstützt, traten nach innen vor. Auf ihren obern Flächen waren flache Rinnen angebracht, in welche man Ringe von vulkanisirtem Kautschuk legte, worauf sie durch je vierzig Schrau-

*) Verschiedene interessante Mittheilungen hierüber findet man auch in Oppermann's *nouvelles annales de construction*. Januar 1864.

senbolzen mit einander verbunden wurden. Der untere Ring, der in den Boden eindrang, war am untern Ende mit einer auswärts zugeschärften Schneide versehn. Die Wandstärken dieser jedesmal in einem Stück gegossenen Ringe mafsen, jenachdem sie mehr oder weniger zufälligen Stöfsen ausgesetzt waren, $1\frac{1}{4}$ bis 2 Zoll.

Der untere Ring trägt nicht allein die darauf gestellten folgenden Ringe, sondern aufserdem eine durchbrochene Kuppel oder ein kegelförmiges Gitter, das den untern Arbeitsraum überdeckt und auf dem das darüber aufgeführte Mauerwerk ruht, wie Fig. 271 *a* zeigt. Dieses Gitterwerk besteht gleichfalls aus Gufseisen. Seine Höhe mifst etwa $6\frac{1}{4}$ Fufs. Die Stäbe, deren Anzahl in der untern Hälfte noch einmal so grofs, als in der obern ist, werden in ihrer halben Höhe durch einen starken Ring unterstützt, der auswärts vortritt, und eben so wie der obere Ring ein sicheres Auflager dem Mauerwerk bietet, damit dieses nicht etwa, indem es von der Kegelfläche herabgleitet, einen zu heftigen Druck gegen den äufsern Mantel ausübt. Wie die Figur zeigt, wird die in Rede stehende durchbrochene Kuppel *) mit bearbeiteten Werkstücken in hydraulischem Mörtel ummauert, der hintere Raum aber mit Béton ausgefüllt.

Mit der Erbauung des Gerüstes wurde der Anfang gemacht. Dasselbe stellte wieder zwei Böden dar, von denen der eine 9 Fufs, der andre 27 Fufs über Wasser lag. Der untere dient zur Anfuhr und Ablagerung der Materialien, wie auch zum Befestigen der Führungen, zwischen denen man die Säule herabgleiten läfst. Der obere Boden, an welchen man in gleicher Art wie bei der Kehler Brücke, nach den mitgetheilten Zeichnungen jedoch nur an vier Hänge-Eisen und Schrauben die Säule aufhängt, trägt die Eisenbahn eines Laufkrahnes. Mit dem letztern werden die einzelnen Ringe, so wie auch die Luftschleuse beigefahren und während ihrer Befestigung gehalten. Zugleich dient der obere Boden auch zur Führung der Säule, bis diese sich hinreichend fest in den Boden eingestellt hat.

Ueber die Oeffnung im untern Boden der Rüstung werden zwei starke Balken gelegt, hierauf der untere mit der Schneide versehene Ring gestellt, die durchbrochene Kuppel darauf befestigt, wie auch der nächste äufsere Ring. Der dazwischen befindliche Raum wird

*) Man nannte dieselbe Crinoline, und diese Benennung ist ziemlich allgemein für diese Construction eingeführt.

Der Schacht, durch welchen die Arbeiter hinab
weit, er wird aber nicht durch eine eiserne Röh
vielmehr nur durch hölzerne Stäbe, die wie in ein
einander lehnen und durch eiserne Ringe im Inn
gehalten werden. Den Raum zwischen ihnen und
dung füllte man mit Béton an und liefs die Säul
dieser Erhöhung tiefer herab, bis sie die Sohle
das etwa 5 Fufs unter Wasser lag, erreichte.

In der Tiefe von 15 Fufs unter Wasser traf
Boden an, in welchen die Säulen sehr schwer ein
chen Widerstand fanden, dafs man unbedenklich
abheben und durch Aufsetzen neuer Ringe die Säu
Der Bau wurde in der Weise ausgeführt, dafs die
ander stehenden Säulen, die einen Pfeiler darstell
zeitig in Angriff genommen wurden, und der Rc
schleuse abwechselnd auf die eine und die andre

Die Luftschleuse war eigenthümlich eing
steht, wie Fig. 271 *b* zeigt, aus zwei concentrisch
Eisenblech. Der innere $4\frac{1}{2}$ Fufs weit und $7\frac{1}{2}$ F
offener Verbindung mit dem Schacht, in ihm find
der starke Luftdruck statt. Der äufsere Cylind
1 Fufs niedriger ist, hält $10\frac{1}{2}$ Fufs im Durchmesse

hoch, 18 Zoll breit. Man kann also ohne Schwierigkeit hindurchsteigen. Um den luftdichten Schluſs darzustellen, sind die starken eisernen Zargen mit einem Kautschuk-Bande überdeckt.

Jede Luftschleuse kann bei ihrer groſsen Ausdehnung eine bedeutende Quantität des geförderten Materials fassen, welches, nachdem es darin angesammelt ist, auf einmal durchgeschleust wird. Um dieses Material aber von der Sohle des Senkkastens bis zur Schleuse zu heben, ist die in der Figur angedeutete Anordnung getroffen. Auf der Decke des äuſsern Cylinders liegt nämlich eine kleine Dampfmaschine von einer Pferdekraft, zu welcher der Dampf von der andern Maschine, welche die Luftpumpen treibt, in einem flexibeln Rohre zugeführt wird. Die Maschine dreht die Achse eines Schwungrades und von dieser überträgt sich die Bewegung unter Verminderung der Geschwindigkeit bis auf ein Fünftel, auf eine andre Achse, die durch eine Stopfbüchse in den innern Cylinder, also über den Schacht geführt ist. Hier befindet sich eine Riemscheibe, und eine zweite solche ist an der Winde angebracht, welche die gefüllten Eimer hebt. Der Riemen, der beide verbindet, ist jedoch so lang, daſs er sich selbst überlassen die Bewegung nicht der Winde mittheilt. Dieses geschieht erst, wenn er durch Andrücken einer dritten Scheibe mittelst eines Hebels in Spannung versetzt wird. Aus der Figur ergiebt sich diese Anordnung.

An der Decke des mittlern Cylinders, der stets dem vollen Luftdrucke ausgesetzt ist, befindet sich sowol ein Manometer, als auch ein Sicherheitsventil, welches in der Art belastet wird, daſs der Druck nicht bedeutend höher gesteigert werden kann, als zum Zurückdrängen des Wassers erforderlich ist.

Das Verfahren beim Ausschachten ist nun dieses: je fünf Arbeiter, die nach 4 Stunden abgelöst werden, befinden sich in dem Raume, der mit comprimirter Luft gefüllt ist. Drei derselben stehn im Luftkasten, und graben den Boden auf, den sie in den Eimer werfen, der etwa $\frac{1}{2}$ Cubikfuſs faſst. Der vierte Arbeiter steht oben im innern Cylinder, und setzt auf den Zuruf der Gräber die Winde in Thätigkeit. Sobald der Eimer aber hinreichend hoch gehoben ist, so stürzt er den Inhalt des Eimers in diejenige Luftschleuse, die gerade gefüllt werden soll. Hierauf läſst er den leeren Eimer herab, indem er mittelst des Hebels, der hierbei als Bremse wirkt, seine Bewegung mäſsigt. Der fünfte Arbeiter endlich befindet sich in der

Luftschleuse, und wirft die Erde nach beiden Seiten. Unter günstigen Umständen wird in 4 Arbeitsstunden eine Schleuse gefüllt, ihr Inhalt mifst ziemlich genau 1 Schachtruthe, doch bemerkt Castor, dafs zuweilen in derselben Zeit nahe 200 Cubikfufs gefördert werden.

Sobald die Schleuse gefüllt ist, wird die innere Thüre geschlossen, die Luft aus der Kammer gelassen und die äufsere Thüre geöffnet, durch welche man die Erde auswirft. Während der Anfüllung der einen Schleuse, kann die andere zum Ein- und Ausgehn benutzt werden, mit der Anfüllung der letzteren wird auch sogleich der Anfang gemacht, wie jene gefüllt ist.

Indem der zu durchfahrende Boden grofsentheils aus zähem blauen Thon bestand, worin jedoch vielfach Kies und gröberes Gerölle abgelagert war, und in der Tiefe in Mergel überging, so eignete es sich häufig, dafs das Wasser, welches sich am Boden ansammelte, durch den Luftdruck nicht zurückgedrängt werden konnte. In diesem Falle benutzte man einen Heber, der durch eine der Luftschleusen in das äufsere Wasser geführt war, während sein längerer Arm in einem Schlauch bestand, der bis zur Sohle herabreichte. Sobald der Hahn am Ende des letzteren geöffnet wurde, strömte das Wasser in Folge des starken Luftdruckes aufwärts. Genügte der letztere aber nicht, so brauchte man nur den Schlauch momentan aufzuheben, so dafs er etwas Luft schöpfte, alsdann war das Gewicht des Inhaltes so sehr gemäfsigt, dafs ein starker Strahl ausfloss. Es wurde also von demselben Hülfsmittel hier wieder Anwendung gemacht, welches Triger schon benutzt hatte (§. 9).

Wenn man endlich eine Erdschicht erreicht hatte, die hinreichende Tragfähigkeit besafs, so wurde der Boden im Innern des Kastens geebnet, darüber eine 8 bis 10 Zoll hohe Lage Béton ausgebreitet, und diese mit einer eben so starken Mörtelschicht aus reinem Portland-Cement überdeckt. Besonders kam es darauf an, den letztern recht fest gegen die Wandungen zu verstreichen. Eine dritte Schicht reinen Cementes füllte alsdann den Raum bis zum obern Rande des untern Ringes an. In diese drei Schichten stellte man aber vorher eine Anzahl 2 Zoll weiter und 3 Fufs langer, an beiden Enden offener eiserner Röhren ein, welche bis zum Erhärten des Mörtels sowol der Luft, wie dem Wasser den Durchgang gestattete, falls der Druck auf beiden Seiten verschieden wäre, und

sonach das Durchziehn des Wassers durch den noch weichen örtel verhinderten. War letzterer endlich erhärtet, so füllte man se Röhren mit steifem Mörtel. Hierauf wurde die Anfüllung mit ton bis zur Kappe des kegelförmigen Raumes fortgesetzt. Nunhr konnte man den Schacht mit der atmosphärischen Luft in rbindung setzen. Die Luftschleuse wurde also beseitigt und der hacht im untern Theile mit Béton gefüllt und bis über Wasser gemauert.

Dieses Verfahren zur Versenkung der Fundamente und zwar ter Beibehaltung der Umschliefsung durch eiserne Cylinder und r Ueberdeckung des untern Raumes durch den gitterförmig conuirten Kegel, der in den Schacht übergeht, ist mit manchen Modificationen in neuerer Zeit vielfach in Anwendung gekommen. So ıd die Pfeiler der neuen Eisenbahn-Brücke über die Oder bei ettin in dieser Weise fundirt, und so auch die der Rheinbrücke i Hamm neben Düsseldorf. Man hat dabei indessen statt des ufseisens, grofsentheils Verbindungen aus Blech gewählt, wie dies schon Castor empfahl.

Nichts desto weniger ist man auch in neuster Zeit zuweilen ieder auf die ältere Methode zurückgekommen, wonach man das undament im Zusammenhange über die ganze Grundfläche des feilers ausdehnte. Dieses ist namentlich im Jahre 1869 beim Bau r Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Hämerten ohnfern tendal geschehn. Unter Berücksichtigung früherer Erfahrungen urden jedoch manche sehr passende Aenderungen hierbei eingehrt, deren Mittheilung um so wichtiger sein dürfte, als der Baurector der Berlin-Hannoverschen Eisenbahn Herr Stute mir auf einen Wunsch nicht nur die betreffenden Bauzeichnungen zu vorgendem Zwecke zur Verfügung stellte, sondern mich auch von anchen Einzelheiten der Ausführung in Kenntnifs setzte, die in en vorstehenden Beschreibungen unberührt geblieben sind.

Die Brücke, welche zugleich Strom- und Fluthbrücke ist und nen grofsen Theil des Elb-Thales überspannt, hat neunzehn Oeffnungen von verschiedenen Weiten, die mit Ausnahme der beiden on einer zweiflügeligen Drehbrücke geschlossen, sämmtlich mit olygonal-Trägern überspannt sind. Vom linken oder dem westlichen fer beginnend sind die ersten acht Oeffnungen 100 Fufs weit, alsann folgt eine von 120 Fufs Weite, darauf vier von 201 Fufs und

auf diese die beiden, welche die Drehbrücke überspannt und deren Weiten 42 Fuſs messen. Die nächste ist wieder 201 Fuſs, und die letzten drei sind 120 Fuſs weit. Die sechs Pfeiler zwischen der zehnten und sechszehnten Oeffnung, welche in dem eigentlichen Flufsbette stehn, sind in Blechkasten und unter Anwendung des Luftdruckes 28 bis 36½ Fuſs unter dem niedrigen Sommerwasserstande gegründet. Die Wassertiefe in der Brückenlinie maafs bei diesem Wasserstande im Maximum 5 Fuſs. Der Boden bestand zunächst aus Sand und Kies, worin aber möglicher Weise starke Vertiefungen eintreten können, in gröfserer Tiefe fand sich fester Thon, der stellenweise in compacten Mergel überging.

Die Rüstungen, die durch Arbeitsbrücken mit dem einen oder dem andern Ufer verbunden waren, hatte man beim Beginn des Baues ungefähr nach dem Muster der Kehler Brücke angeordnet. Es waren darin wieder zwei über einander befindliche Böden angebracht, von denen im untern eine Oeffnung freigelassen war, durch welche der ganze Kasten versenkt werden konnte, während die ähnliche Oeffnung im obern, durch welche mittelst des Laufkrahnes die gröfsern und schwerern Theile des Senk-Apparates gehoben und herabgelassen wurden, in Abständen von 15 Fuſs durch Balken überspannt war, welche namentlich zur sichern Unterstützung der Schrauben dienten, an denen der Kasten hing. Die Muttern dieser Schrauben ruhten aber nicht auf übergekragten Querbalken, sondern auf je zwei Längsbalken, die theils von starken Streben und theils von den erwähnten übergreifenden Balken getragen wurden.

Indem die Schrauben am stärksten belastet waren, wenn der vollständig zusammengesetzte und sowol in den Wänden, wie auch in der Decke bereits ausgemauerte Kasten von dem untern Boden abgehoben und bis zum Wasser herabgelassen wurde, während dieser Zeit aber die ganze Oeffnung im untern Boden frei bleiben muſste, also hier keine gegenseitige Absteifung angebracht werden durfte, so führte man später die Aenderung ein, daſs der Kasten nicht über dem untern Boden, sondern auf darunter gestellten Prahmen zusammengesetzt und ausgemauert wurde, wodurch es möglich war, der ganzen Rüstung gröfsere Festigkeit zu geben.

Eine andere Abweichung gegen die Rüstung der Kehler Brücke bezog sich darauf, daſs der Laufkrahn nicht auf dem obern Boden

selbst, sondern auf darüber ausgeführten vielfach verstrebten doppelten Wänden stand, wodurch seine Höhe und sein Gewicht sich ansehnlich verminderten.

Der Luftkasten für einen gewöhnlichen Mittelpfeiler ist Fig. 273 auf Taf. XXIII in der Ansicht von oben dargestellt. Seine Länge mifst 49 Fufs 9 Zoll und seine Breite 16 Fufs, während der darauf ausgeführte Pfeiler bis über das höchste Wasser dieselben Dimensionen hat. Fig. 274 *b* zeigt in gröfserem Maafsstabe einen Querschnitt des Kastens durch die Mitte eines Schachtes, und Fig. 274 *a* sowol die obere Ansicht, wie auch den horizontalen Durchschnitt desjenigen Theiles, durch welchen der Querschnitt gelegt ist. Aus diesen Figuren ergiebt sich eine wesentliche und gewifs sehr zweckmäfsige Abweichung von der früher gewählten Constructionsart. Die Träger, welche die Decke unterstützen, liegen nämlich nicht unter, sondern über derselben, und hierdurch wird der wichtige Vortheil erreicht, dafs man die Felder dazwischen, die hier von oben frei sind, viel bequemer und sorgfältiger ausmauern kann, während die schliefsliche Ausmaurung des Kastens dadurch erleichtert wird, dafs derselbe eine ebene Decke hat.

Die Zusammensetzung des Kastens ergiebt sich mit hinreichender Deutlichkeit aus den Figuren, worin die durchschnittenen Bleche, so wie auch die aufgenietheten Eckeisen und sonstigen Schienen durch starke Linien bezeichnet sind. Die obere Ansicht des ganzen Kastens Fig. 273 stellt die Lage der Träger, so wie auch die zur Unterstützung der Wände angebrachten Consolen vollständig dar, und es darf in dieser Beziehung nur hinzugefügt werden, dafs die Bleche vergleichungsweise gegen sonstige Anordnungen nur mässige Stärken hatten. Diese betrugen nämlich nur $\frac{1}{16}$ Zoll, wodurch das ganze Gewicht des eisernen Kastens sich auf 413 Centner reducirte. Die Erfahrung zeigte auch, dafs dieses vollständig genügte. Man beachtete aber die Vorsicht, dafs man die Uebermaurung vorzugsweise durch die Träger unterstützte, indem man auf diese breite und feste Steinplatten legte. In Betreff der Wände, welche durch die zahlreichen Consolen verstärkt wurden, ging man aber von der richtigen Ansicht aus, dafs dieselben während des geregelten Fortganges der Arbeit nicht das volle Gewicht des Pfeilers zu tragen haben, weil dieses bis nach Ausmaurung des Kastens

durch den Auftrieb der darin befindlichen Luft, aufserdem aber auch durch die Seitenreibung des Pfeilers gegen den anschliefsenden Grund sehr gemäßigt wird.

Indem die Wände des Kastens über die luftdichte Decke hinausreichten, so liefsen sich die Bügel, woran der Kasten hing, bequem mit jenen verbinden, und man brauchte damit nicht bis an den untern Rand herabzugehn. Diese Bügel bestanden aus zweizölligem Rundeisen, und ihre verbreiteten Enden umfafsten, wie Fig. 276 zeigt, die vortretenden Ränder der Wände, indem zur Verstärkung der letztern noch Zwischenbleche angeniethet waren.

Die Anzahl dieser Bügel und sonach auch die der Schrauben betrug, wie Fig. 273 zeigt, im Ganzen zwanzig, indem an jeder Seite sich fünf Paare befanden. Die Hängeeisen, welche die Ketten bildeten, wie auch die Schrauben, waren nach dem Muster der an der Kehler Brücke gebrauchten geformt und zusammengesetzt. Man machte jedoch hier die Erfahrung, dafs die gleichzeitige Drehung der Schraubenmuttern durch die mit einander verbundenen langen Schraubenschlüssel keineswegs ganz sicher sei, was vielleicht von der Drehung der Ketten herrührte, und dafs man daher die sämmtlichen Ketten stets sorgsam beobachten mufs, um sie möglichst gleichmäfsig zum Tragen zu bringen. Beim Versenken des Kastens liefs man denselben aber nicht abwechselnd an der einen und der andern Schraube jedes Paares hängen, vielmehr wurden gleichzeitig die sämmtlichen Schrauben aller Paare in Thätigkeit gesetzt, soweit einzelne Ketten nicht verlängert werden mufsten. Die Verlängerung der Kette erfolgte daher bald hier und bald dort, und man hatte dafür gesorgt, dafs gemeinhin dieses nur bei einer oder höchstens bei zweien zugleich geschah, aber unbedingt eine Schraube jedes Paares immer in Wirksamkeit blieb. Auf diese Weise hing der Kasten gewöhnlich an neunzehn, oder doch wenigstens an achtzehn Ketten. Diese Anordnung war aber keineswegs getroffen, um die Ketten möglichst zu entlasten, vielmehr hätte die Hälfte derselben den Kasten noch sicher getragen, aber es fehlte an dem nöthigen zuverlässigen Aufsichts-Personal, um das gleichzeitige Einziehn neuer Glieder an vielen Ketten zu überwachen. Das hier in Anwendung gebrachte Verfahren verhinderte daher die sonst nothwendig werdende längere Pause.

Aus der Decke des Kastens steigen drei Schachte von 3 Fufs

Weite empor. Das untere Ende von einem derselben ist in Fig. 274 sichtbar. Sie erhalten nicht gleich Anfangs die volle Höhe, werden vielmehr nach und nach verlängert, wie die Mauern des Pfeilers sich höher erheben. Jeder derselben trägt eine Luftschleuse. Der mittlere dient als Fahr- oder Einsteige-Schacht, die beiden äufsern als Förder-Schachte. Alle drei sind im Innern mit eisernen Leitern versehn, wie die Figur zeigt. Die einzelnen Theile der Schachtröhren bestehen aus $\frac{1}{4}$zölligen Blechen, sie sind 6 Fufs lang und sowol oben, wie unten durch eingeschobene und angeniethete Ringe aus Eckeisen verstärkt. Beim Aufbringen eines neuen Röhrentheiles werden Gummischeiben zwischen die Ringe gelegt und Schraubenbolzen hindurchgezogen.

Die Fahrschleuse, vom Bau der Königsberger Brücke übernommen, hielt $5\frac{1}{2}$ Fufs im Durchmesser und hatte die Höhe von 10 Fufs. Aufser den beiden Klappen an der Decke und im Boden, wodurch man ein- oder austrat, war sie nur mit den Hähnen zum Ein- und Auslassen der comprimirten Luft und mit der Winde-Vorrichtung zum Heben und Herablassen der Klappen versehn.

Wichtiger waren die Förderschleusen, von denen eine Fig. 275 im verticalen und horizontalen Durchschnitt dargestellt ist. Sie haben solche Einrichtung erhalten, dafs man darin mehr als eine halbe Schachtruthe ausgehobenen Bodens unterbringen und denselben leicht beseitigen kann, sobald die Verbindung mit der äufsern Luft dargestellt ist. Es mufs aber erwähnt werden, dafs Erfahrungen bei früheren ähnlichen Bauten bereits gezeigt hatten, wie das Versenken solcher Kasten nicht sowol durch die Beseitigung des ausgehobenen Bodens, als vielmehr durch den langsamen Fortgang der Uebermaurung verzögert wird. In letzter Beziehung läfst sich aber bei dem beschränkten Raume und der nothwendigen Sorgfalt in dieser Arbeit eine gröfsere Beschleunigung nicht einführen, und es ist daher entbehrlich, irgend welche Anordnungen zu treffen, wodurch die abgestochene Erde möglichst schnell fortgeschafft werden kann. Aus diesem Grunde wurde nicht nur von jener Baggermaschine abgesehn, deren Einführung, wie sich in Königsberg gezeigt hatte, bei unvorhergesehenen Zufälligkeiten überaus nachtheilig werden konnte, sondern es bedurfte auch keiner sonstigen kostspieligen und complicirten Einrichtungen zu diesem Zwecke, wodurch überdiefs der luftdichte Verschlufs gewissermaafsen bedroht wurde. Man

V. Fundirungen.

[illegible] also nur die Aufgabe, die Schleuse so einzurichten, daſs [illegible] über mit der äuſsern Luft in Verbindung gesetzt werden [illegible] eine groſse Quantität Erde darin angesammelt war, und [illegible] das häufige Durchschleusen entbehrlich wurde.

Diese Schleuse, gleichfalls von cylindrischer Gestalt, erhielt hier- [illegible] die Weite von 8 Fuſs und die Höhe von 7 Fuſs. Der obere Eingang, [illegible] Lage in Fig. 275. *b* durch den punktirten Kreis angedeutet ist, [illegible] sich seitwärts, der untere dagegen in der Mitte des Cylinders [illegible] des Schachtes. Der Raum der Schleuse zerlegte sich aber in zwei Seitenkammern und in den mittleren Gang, der zwischen je- [illegible] ungefähr diametral hindurchging. Den Abschluſs bildeten Blech- wände von 3 Fuſs Höhe, welche an ihren Enden gegen die cylin- drische Wand geniethet und auſserdem durch je drei eiserne Haken von dieser gehalten wurden, damit sie bei der Füllung der Kam- mern mit Erde nicht etwa in den Gang gedrängt würden. Jede Kammer faſste, wenn sie ganz gefüllt war, 50 Cubikfuſs, doch wurde darin gewöhnlich nur etwa $\frac{1}{4}$, oder in beide Kammern zusammen $\frac{1}{2}$ Schachtruthe eingebracht.

In dem mittleren Gange befand sich auf der einen Seite die Leiter [illegible] Einsteige-Oeffnung führte, auf der andern dagegen di[illegible] [illegible] mittelst deren die obere, wie die untere Klappe ge[illegible] [illegible] wurde. Zwei Thüren, in der Figur mit [illegible] [illegible] die Verbindung mit den Kammern dar, auſser [illegible] kleine Leiter angebracht, von welch[illegible] [illegible] die Blechwand gestürzt werden konnte [illegible] Füllung der Kammern die Thüren geschlosse[illegible] [illegible]

[illegible] Kammern waren auſserdem in jeder War[illegible] [illegible] Nach dem Ziehn derselben ve[illegible] [illegible] Material über beide Enden des Gange[illegible] [illegible] im Boden, mit luftdi[illegible] [illegible] dem Ziehn der Schütze auf[illegible] [illegible] Art brauchte die Erde nicht weit [illegible] [illegible] nur durch die Schütz-Oe[illegible] [illegible] geschoben, von wo sie üb[illegible] [illegible] Pramme herabfiel.

[illegible] sammelte Erde beseitigt werd[illegible] [illegible] dem Schachte aufgehoben, also [illegible]

Bodenklappe der Schleuse geschlossen werden, was mittelst der erwähnten Winde-Vorrichtung geschieht. Alsdann öffnet man einen der beiden Hähne *A*, durch welche die comprimirte Luft entweicht, und nunmehr öffnet sich die obere Einsteige-Oeffnung und die Schleuse wird dadurch bei Tage stark erleuchtet, während sie bisher nur das schwache Licht empfing, welches durch die starke Glaslinse drang, die in die obere Klappe eingesetzt ist. Es mufs hierbei noch bemerkt werden, dafs beide Einsteige-Klappen, wie auch die Klappen *E* durch Gummi-Ringe gedichtet sind, welche die Oeffnungen rings umgeben. Die beiden ersten Klappen, die ein bedeutendes Gewicht haben, werden durch die in der Figur dargestellte Winde-Vorrichtung gehoben und herabgelassen, indem der Haken an der Zugleine in einen oder den andern Ring gesteckt wird. Der Ring der obern Klappe befindet sich aber an einem abwärts gerichteten Arme, damit die Klappe vollständig geschlossen werden kann. Dieselbe mufs auch zunächst in dieser Lage festgehalten werden, bis sich ein starker Ueberdruck auf der untern Seite gebildet hat, der sie alsdann noch fester andrückt, als dieses durch die Winde möglich war.

Nachdem man beide Seiten-Kammern der Schleuse entleert hat, müssen die Rahmen, auf welche die Klappen *E* aufschlagen, sorgfältig gereinigt werden, damit sich hier der luftdichte Schlufs wieder herstellt, und wenn darauf auch die obere Klappe gehoben ist, wird mittelst der Hähne *B* die Verbindung mit dem Schachte dargestellt und die Schleuse mit comprimirter Luft gefüllt. Einer dieser Hähne, dessen Anordnung mit den Hähnen *A* im Wesentlichen übereinstimmt, ist Fig. 277 im vertikalen und horizontalen Durchschnitt dargestellt. Der Kegel, den man mittelst der Handhabe dreht, ist im untern Theile hohl und befindet sich über einer Oeffnung in der Bodenplatte der Schleuse, der Raum im Kegel steht also fortwährend in Verbindung mit der Schachtröhre, und sobald man den Kegel dreht, so dafs die darin befindliche Seiten-Oeffnung gegen die kleine Ausflufs-Röhre tritt, so setzt sich diese Verbindung bis zur Schleuse fort.

In dem conischen Ansatze unter der Schleuse bemerkt man noch in Fig. 275 *a* die Zuleitungs-Röhre *F*. Durch diese tritt mittelst eines elastischen Schlauches aus den Luftpumpen die comprimirte Luft in den Schacht und in den Senkkasten. Sollten die

Pumpen momentan angehalten werden, so fällt sogleich die an der Ausmündung dieser Röhre angebrachte Klappe herab und verhindert das Austreten der Luft.

Es waren zwei Luftpumpen aufgestellt, von denen jede allein das Bedürfniſs befriedigen konnte, die eine arbeitete mit zwei Cylindern, die andere dagegen nur mit einem. Man bemerkte aber, daſs die letztere in starken Stöſsen die Luft zuführte, was nicht nur für die Arbeiter unangenehm war, sondern auch den ganzen Apparat zu gefährden schien, woher bei solcher Pumpe die Anbringung eines Windkessels erforderlich ist. Die eine wie die andre Pumpe wurde durch Dampfkraft in Betrieb gesetzt, doch war stets nur eine im Gange.

Nach dieser Beschreibung der ganzen Vorrichtung wäre noch über die Art der Benutzung derselben Einiges hinzuzufügen.

Mit dem Abstechen und Ausheben der Erde waren bei jedem Schacht sechs Mann beschäftigt. Vier derselben befanden sich im Kasten, gruben den Boden aus, warfen ihn in den Eimer und zogen diesen an der über eine Rolle geschlungenen Leine herauf, die in Fig. 275 *a* sichtbar ist. In der Schleuse stand der fünfte Mann, der den vollen Eimer entweder durch die Thüre oder über die Wand fort in eine Kammer verstürzte. Der sechste Mann befand sich endlich in einer der beiden Kammern und verbreitete darin das eingeworfene Material. Nach vier Stunden wurden diese Arbeiter durch andere abgelöst, sie traten aber an demselben Tage noch einmal während vier Stunden ein. Die Arbeit wurde ununterbrochen Tag und Nacht hindurch fortgesetzt, und es waren daher dreifache Ablösungen, also für beide Schachte zusammen sechs und dreizig Mann erforderlich. Dieselben waren nicht auf Taglohn angestellt, wurden vielmehr für jeden Cubikfuſs ausgebrachten Bodens bezahlt. In jeder Schicht von 4 Stunden konnte ohne besondere Anstrengung in jedem Schachte eine halbe Schachtruthe gefördert werden. Es lieſs sich aber durchaus nicht bemerken, daſs diese Beschäftigung in der comprimirten Luft auf die Leute nachtheilig gewirkt hätte, die meisten derselben waren bei der Versenkung aller Pfeiler thätig.

Bei einem Besuche auf der Baustelle, während der Kasten freilich noch nicht besonders tief in den Boden eingedrungen war, bemerkte ich, daſs die comprimirte Luft das Wasser aus dem Sande so vollständig zurückgedrängt hatte, daſs beim Niederlegen auf den

die Kleider gar nicht befeuchtet wurden. Man hat auch wie-
ntlich wahrgenommen, dafs die eingepumpte Luft nicht nur
lbar am Rande des Kastens, sondern noch 20 bis 24 Fufs
entfernt in Blasen aufstieg.

de der benutzten Luftpumpen genügte mehr als hinreichend,
Verluste zu decken, die durch den unvermeidlichen Man-
dichtem Schlufs der vielfachen Fugen veranlafst wurden, es
ber darauf hingewiesen werden, dafs die Fugen um so nach-
r sind, je höher sie liegen, weil der Druck auf der innern
urch den ganzen Schacht und bis in die Schleuse sehr nahe
e bleibt, der äufsere dagegen unter Wasser bedeutend zu-
und am untern Rande des Kastens so grofs wie der innere
roher der Ueberdruck, der allein das Entweichen der Luft
fst, hier aufhört.

is den Erfolgen, die bei manchen kurzen Unterbrechun-
sammelt waren, schlofs man, dafs der Kasten in der Zeit
er halben Stunde sich mit Wasser vollständig füllen würde,
e Pumpe so lange aufser Thätigkeit bliebe. Dieses geschah
nicht, wohl aber liefs man zuweilen absichtlich mäfsige Quan-
Wasser in den Kasten eindringen. Sobald man nämlich den
den erreichte, wurde die Reibung so stark, dafs der Kasten
chtet der Vertiefung durch Aufgraben und des Gewichtes der
ruhenden Mauermasse nicht herabsank. Das Graben wurde
sdann auch sehr schwierig, indem der Thon bei dem unver-
hen Zudringen des Wassers sich in Schlamm verwandelte.
ers zeigten sich diese Uebelstände, als unter dem einen Pfei-
einer Seite des Kastens die steil ansteigende Mergelschicht
rde. Um die Fundirung hinreichend tief herabzuführen, blieb
kein andres Auskunftsmittel, als das bereits oben erwähnte,
das Wasser unter dem Kasten in starke Strömung zu ver-
und es hierdurch zur Beseitigung der Hemmnisse zu veran-
welche das Herabsinken des Kastens verhinderten. Dabei
freilich eine Menge Kies mit hinein, der wieder ausgehoben
mufste, aber der beabsichtigte Zweck wurde doch erreicht.
merkte dabei, dafs die Masse des eintretenden Kieses gerin-
b, wenn die Strömung recht stark war, als wenn sie weniger
und dafür längere Zeit hindurch unterhalten wurde. Man

öffnete daher plötzlich die Hähne, und schlofs dieselben wieder nach kurzer Zeit.

Was die Uebermaurung betrifft, so sollte dieselbe im Allgemeinen mit Bruchsteinen und einer Umschliefsung mit Werkstücken erfolgen. Die Felder bis zur Oberkante der Träger wurden auch in Bruchsteinen und gutem Cementmörtel ausgemauert, darüber legte man eine vollständige Schicht Werkstücke, und über dieser wurde rings umher die Verkleidung mit Läufen und Bindern dargestellt. Im Innern sah man sich aber mehrfach gezwungen, statt der Bruchsteine, die von Magdeburg her bezogen wurden, aber oft nicht rechtzeitig ankamen, Ziegel zu verwenden. Auch während der Nacht liefs sich ohnerachtet der starken Beleuchtung das Bruchstein-Mauerwerk nicht in gehörigem Verbande ausführen und alsdann wurde die Verwendung der Ziegel gleichfalls nothwendig.

Indem die Schachtröhren, die durch Schraubenbolzen befestigt waren, später wieder herausgenommen und anderweit benutzt werden sollten, so durfte das Mauerwerk sich nicht unmittelbar an sie anschliefsen. Man richtete deshalb hölzerne Ringe von 2 Zoll Stärke vor, die man über das fertige Mauerwerk legte, und bei Erhöhung des letzteren weiter hob. Diese Vorsicht genügte indessen nicht, um das zufällige Hineinfallen des Mörtels zu verhindern, woher die Röhren noch mit Stroh umwunden wurden.

Wenn endlich die Versenkung in solche Tiefe erfolgt war, dafs eine Unterspülung nicht mehr besorgt werden konnte, man auch einen festen Baugrund erreicht hatte, so kam es darauf an, den Kasten möglichst dicht schliefsend in der Art auszufüllen, dafs die Füllung als Fortsetzung des Pfeilers angesehn werden durfte, und noch volle Sicherheit bot, wenn auch die Wände des Kastens durch Rost oder sonstige chemische Einwirkungen ihre Haltbarkeit später verlieren, oder vollständig zerstört werden sollten. Man überzeugte sich auch hier, dafs eine möglichst sorgfältige Ausmaurung am passendsten sei. Eine solche bedarf aber wieder eines festen Auflagers, und dieses ist in der Sohle des Kastens nicht leicht zu beschaffen. Schon der Sand und feine Kies ist in der Oberfläche sehr lose abgelagert, und noch mehr der Thon. Sobald aber später der Luftdruck aufhört und das Wasser freien Zutritt erhält, so ist einige Bewegung wieder unvermeidlich, und soweit der Kasten mit der Uebermaurung nicht durch die Reibung zurückgehalten wird,

so mufs er sich alsdann etwas senken, oder dieses ist noch später zu besorgen. Die Verhältnisse sind eigentlich dieselben, wie sie sich in aufgeschwemmtem Boden bei jeder gewöhnlichen Fundirung wiederholen. Wenn dabei auch keine wesentliche Gefahr für den ganzen Pfeiler zu besorgen ist, so empfiehlt es sich doch gewifs, einer solchen möglichst vorzubeugen. Meines Erachtens wäre es auch in diesem Falle am passendsten, die ganze frei gelegte Bodenfläche mit einem fest eingerammten Pflaster zu versehn, um die obern Erdschichten in eine recht geschlossene Ablagerung zu versetzen, und sie dadurch tragfähiger zu machen (vergl. §. 32).

Zuweilen hat man die Kasten mit Béton gefüllt, statt sie auszumauern, bei dem in Rede stehenden Bau ist dieses nicht geschehn, und zwar vorzugsweise deshalb, weil das Material am schnellsten herabgeschafft werden konnte, wenn Ziegel und Mörtel gewählt wurden. Die Ausmaurung wurde an beiden schmalen Seiten des Kastens begonnen und immer von der Sohle bis zur Decke heraufgeführt, um sie möglichst dicht an die letztere anzuschliefsen. Die Klappen unter den Schachten mufsten, sobald man einer solchen sich näherte, geschlossen und eingemauert werden, weil sie wegen ihrer gröfsern Ausdehnung sich nicht herausbringen liefsen. In der Nähe des mittleren Schachtes wurde das Mauerwerk in concentrischen Kreisen herum geführt und schliefslich auch erhöht, bis man den Schacht erreichte, und sonach der ganze Kasten gefüllt war. Nunmehr durften die Luftpumpen aufser Betrieb gesetzt, und die Luftschleusen beseitigt werden. Diejenigen Theile der Schachtröhren, die an dem Kasten selbst befestigt sind, und sich nicht lösen liefsen, wurden mit Béton gefüllt, alsdann die Schachte ausgepumpt, die einzelnen Röhren abgeschroben und ausgehoben und schliefslich die brunnenartigen Oeffnungen ausgemauert.

Inhalts-Nachweisung

der beiden Bände des zweiten Theiles vom Handbuche der [illegible]kunst.

(Die Römischen Zahlen bezeichnen den Band, die Arabischen die Seitenzahl.)

Abfangeschere. I. 101.
Abtreppen der Fundamente. II. 29.
Abzugs-Canal, verdeckter. I. 317.
Abzugs-Graben. I. 336.
Ansammlung des Wassers. I. 220.
Aquäduct. I. 197.
Archimedische Schnecke. II. 289.
Arme am hölzernen Rammklotz. II. 95.
Artesische Brunnen. I. 75.
— — Ausführung derselben. I. 122.
— — Benutzung derselben. I. 92.
— — Ergiebigkeit derselben. I. 84.
— — Erscheinungen an dens. I. 81.
— — Wahl der Stelle für dens. I. 122.
Asphalt-Röhre. I. 275.
Atmidometer. I. 19.
Aufpfropfen der Pfähle. II. 151.
Aufsetzer. II. 120.
Ausfluſs des Wassers durch Ansatz-Röhren. I. 161.
— durch Oeffnungen in dünner Wand. I. 137.
Ausguſs-Röhren. I. 259. 295.
Ausheben der Erde aus Luftkasten. II. 410.
Ausmauern d. Luftkasten. II. 402. 413.
Ausziehn der Pfähle. II. 217. 233.
Bär, siehe Rammklotz.
Baggermaschine im Luftkasten. II. 388. 407.
Banket. II. 17.
Baugrube. II. 236.
— Abfangen der Quellen. II. 274.
— Trockenlegung ders. II. 268.
— Umschlieſsung ders. II. 244.
Baugrund, Untersuchung dess. II. 5.
— künstlicher. II. 36. 47.
Bergsturz. II. 28.
Bergtraſs. II. 305.
Béton. II. 322. 329.
— Erhärten dess. II. 345.
— Festigkeit dess. II. 343.
Béton-Bette, Stärke dess II. 342.
Béton-Fundirung. II. 31. 331. 340. 355.
Béton-Bereitung d. Handarbeit. II. 324.
Béton-Maschine. II. 325. 328.
Béton-Versenkung in Kasten. II. 335.
— in Trichtern. II. 332.
Béton über Wasser. II. 357.
Betriebs-Kräfte. II. 278.
Bewässerungs-Anlagen. I. 369.
Bewegung des Bodens. II. 15.
Bewegung d. Wassers in Röhren. I. 167.
Blei-Röhre. I. 273.

I. 114.
ımpe. II. 300.
ıen. I. 76.
um Brunnenbohren. I. 105.
re. I. 114. 126.
·. I. 353.
:ht. I. 125.
ıer. I. 115. 126.
I. 126.
n. I. 123.
:l. I. 100.
)anal. I. 337.
Amerikanische oder Abes-
ɜ. I. 381.
ıirende. I. 89.
nliche. I. 66.
iche. I. 305.
ianische. I. 28.
Bohrer. I. 128.
tube. I. 222.
l. II. 190.
I. 99.

siehe Senkkasten.
II. 315.
örtel. II. 319.
hes Rad. II. 287.
I. 23.
ı. I. 355
ıs-Bassin. I. 360.
.tions-Stück. I. 296.
s Niveau. I. 227.
ɔn der Strahlen. I. 141.

ıme. II. 141.
asmyth. II. 142.
I. 224.
g. I. 362.
ıre. I. 366.
ɜ. I. 168.
ɔ. I. 335.

in der Spundwand. II. 190.
ɜ, siehe Winkelramme.
nz des Mörtels. II. 321.

Eimer zum Schöpfen. II. 283.
Einsteige-Schacht, siehe Fahrschacht.
Entwässerung. I. 323.
Erdbohrer. I. 106.
Erddossirung. II. 237.
Erdschichten, absorbirende. I. 46.
— undurchlässige. I. 45.
— wasserführende. I. 45.
Erd-Transport. II. 240.
Erdwagen. II. 241.
Erdwinde. II. 230.
— mit zwei Trommeln. II. 233.
Erhöhung des Bodens durch Niederschlag. I. 357.
Erweiterungs-Bohrer. I. 107.

Fachbaum. II. 199.
Fahrschacht am Luftkasten. II. 388. 407. 412.
Fahrschleuse. II. 407.
Fallblock. II. 133.
Fallstück. I. 104.
Fangedamm. II. 21. 245.
— Absteifen dess. II. 256.
— aus Béton. II. 346.
— Construction dess. II. 249.
— Dichtung dess. II. 264.
— Dimensionen dess. II. 248.
— Durchleitung des Wassers durch denselben. II. 272.
— auf Felsboden. II. 258.
— Füllmaterial dess. II. 261.
— von gröfserer Höhe. II. 253.
— niedrige. II. 247.
Fange-Instrumente. I. 112.
Federn bei Spundwänden. II. 185. 200.
Filter, natürliche. I. 210. 239.
Filtration. I. 28. 45.
Filtriren des Wassers. I. 232.
Filtrir-Apparat. I. 236.
Filtrir-Bassin. I. 245.
— Ergiebigkeit dess. I. 251.
— Reinigung dess. I. 251. 263.
Flaschenzug. II. 114.
Flufskiesel z. Béton-Bereitung. I. 323.

Förderschleuse. II. 400.
Füllpfähle. II. 36.
Fundament, Verbreitung dess. II. 17. 38.
Fundirung. II. 3.
— nöthige Tiefe ders. II. 4. 7. 10.
— an Abhängen. II. 38.
— auf Felsboden. II. 23.
— auf Kies. II. 32.
— auf Klippen in d. See. II. 30.
— unter Luftdruck. II. 374.
— unter Luftdruck der Brücken
bei Argenteuil. II. 398.
bei Hämerten. II. 403.
bei Kehl. II. 382.
bei Königsberg. II. 391.
bei Szegedin. II. 379.
Fundirung auf dem Rasen. II. 39.
— auf Sand. II. 32.
— auf Sand-Cylindern. II. 54.
— auf Sand-Schüttung. II. 47.
— in schlammigem Grunde. II. 6.
— Seitendruck ders. II. 22.
— auf Steinschüttung. II. 55.
— auf Thon. II. 34.
Fundirungs-Säulen, gesenkt durch Luftverdünnung. II. 374.
— durch Strömung. II. 376. 381. 411.
Fufsblock. II. 118.
Futter-Röhre. I. 114.

Gefälle der Entwässerungs-Gräben. I. 349.
Geschwindigkeits-Höhe. I. 168.
Gestänge beim Brunnen-Bohren. I. 95.
Gesundheits-Rücksichten b. Entwässerungs-Arbeiten. I. 354.
Grundablafs. I. 338.
Grundbau. II. 3.
Grund-Fangedamm. II. 265.
Grundpfahl. II. 146.
Grundrinne. I. 221.
Grundsäge. II. 204.
Grundwasser. I. 44. 63.
Gufseiserne Röhren. I. 277.

Hahn in Luftschleusen. II. 4
Hahn in Wasserleitungen. I.
Haken der Kunstramme. II
137. 139.
Handramme. II. 81.
Hangbau. I. 379.
Heber auf Fangedämmen. II
Heber in Luftkasten. II. 379. 3
Heber, schwimmende. I. 22
Hitze, beim Rammen. II. 1

Inundation, siehe Ueberstau

Kalk, hydraulischer. II. 30
— magerer. II. 314.
Kastenwerk. II. 284.
Kausche. I. 102. II. 116.
Kernwand. II. 185.
— ohne Spundung. II. 188.
Kettenpumpe. II. 295.
Klärung des Wassers. I. 2
Klärungs-Rohr. I. 75.
Klampe. II. 243.
Klappen-Ventil. I. 293.
Knebel an der Ramme. II.
Knecht, siehe Aufsetzer.
Kopfstück. I. 100. 126.
Kranztau. II. 108.
Krebsschere. I. 107.
Kreisel-Pumpe. II. 299.
Kreissäge. II. 210.
Kreuzbohrer. I. 111.
Kronenbohrer. I. 111.
Kunstramme. II. 123.
— Betrieb ders. II. 131.
— mit continuirlicher Bewe
138.

Läufer, Läufer-Ruthe. II.
Langpfahl. II. 146.
Lehre, siehe Zwinge.
Leitungs-Röhren. I. 257. 2
— Abzweigung ders. I. 2
— aus Asphalt. I. 275.
— bleierne. I. 273.

ıren, flexible. I. 298.
eisen. I. 277.
I. 261.
lstein. I. 271.
ıgut. I. 273.
ınntem Thon. I. 272.
ost. II. 20. 39. 41.
Löffel-Bohrer. I. 108.
imirte zu Fundirungen.

II. 384. 405. 411.
ung dess. II. 402. 413.
scher Kuppel. II. 399.
en der Luft aus demsel-
411.
urung dess. II. 412.
II. 389. 410.
. I. 73. II. 377.
I. 258. 267. 294.
ıng in Brunnen. I. 75.
lirungen. II. 374.

e Läufer.
er. I. 111.
ı. I. 325.
Wassermenge. I. 212.
221.
ɔhnlicher. II. 302.
cher. II. 301. 303.
. II. 311. 321. 327.

'e, atmosphärische. I. 3.

I. 361.
. Sümpfe. I. 332.
ı Kastenwerke.
ɔpundpfähle. II. 185.

ɔmklotzes. II. 96.
I. 7.
ıfseiserner Röhren. I. 299.

Werk. II. 295.
ne. II. 170.
ɔden. II. 168.

Pfahlköpfe, verstärkt durch Ringe. II. 137.
Pfalrost. II. 5. 18. 57.
— Construction dess. II. 63.
— Höhe dess. II. 74.
— Verankerung dess. II. 63.
Pfahlschuh. II. 161.
— d. Spundpfähle. II. 194.
Pfahlspitze. II. 155.
Piezometer. I. 179. 194.
Pionir-Ramme. II. 92.
Portland-Cement. II. 316.
Prellbalken. I. 124.
Probe-Pfahl. II. 153.
Pumpe. II. 300.
Puzzolane. II. 303.

Quellen-Bildung. I. 41. 51.
— Fassen ders. I. 65.
— intermittirende. I. 62.
— Stopfen ders. II. 274.
Querprofile, künstlicher Flufsbetten. I. 343. 346.

Rammen. II. 81.
— Englische. II. 91.
— Französische. II. 91.
— Niederländische. II. 89.
Ramm-Arbeiten. II. 109. 165.
— auf Fahrzeugen. II. 121.
Rammklotz. II. 81. 93.
— aus Gufseisen. II. 97.
— Wirkung der Hubhöhe. II. 125.
Rammregister. II. 184.
Ramme, Richten ders. II. 86.
Rammscheibe, hölzerne. II. 98.
— eiserne. II. 103.
Rammtau. II. 104.
Regen, siehe Niederschläge.
Regenmenge. I. 7. 12.
Regenmesser. I. 7.
Regensarg. I. 24.
Regulator bei Colmationen. I. 360.
Reif. I. 6.
Reservoir. I. 304. 309.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin,